



TUGAS AKHIR – RE 141581

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMING DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mohammad Razif,MM.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR – RE 141581

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mohammad Razif,MM.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan Dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMING DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada**

**Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

SEPTIAN SETYO PRAKOSO

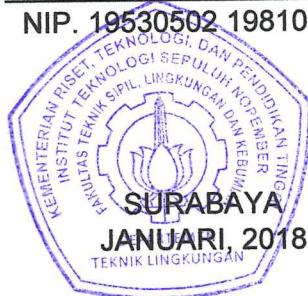
NRP. 3313100052

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M.

NIP. 19530502 198103 004



PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA RUMAH SUSUN TANAH MERAH SURABAYA

NamaMahasiswa :SeptianSetyo Prakoso
NRP :3313100052
Departemen : TeknikLingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M.

ABSTRAK

Salah satu rumah susun di Surabaya adalah Rumah Susun Tanah Merah. Rumah susun ini terdiri dari Tanah Merah 1 yang terdiri dari empatgedung yaitu gedung A, B, C, D danTanah Merah 2 yang terdiri dari dua gedung yaitu gedung A dan B.

Rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya telah beroperasi selama lebih dari 5 tahun serta banyak mengalami permasalahan terkait sistem plambing dan pengolahan air limbah, mulai dari tidak tercukupinya air saat pagi hari (jam puncak), tersumbat dan meluapnya air dari saluran pembuangan, meluapnya tanki septik.

Evaluasi terhadap kinerja slstem plambing dan pengolahan air limbah rumah susun tanah merah di Surabaya diperlukan untuk memperbaiki beberapa permasalahan yang timbul. Berdasarkan hasil evaluasi diketahui ada bebrapa masalah yang terjadi pada sistem plambing dan pengolahan air limbah diantaranya yaitu tidak tercukupinya kebutuhan air bersih secara kontinu, meluapnya tanki septik, kebocoran pipa air limbah dan mampetnya saluran pembuangan.

Perancangan ulang dilakukan pada sistem plambing yaitu dengan Penambahan pompa untuk menunjang kebutuhan air pada saat jam puncak sehingga penghuni rusun tidak kekurangan air pada saat jam puncak. Penambahan dudukan pada *rooftank reservoir* sehingga sisa tekan pada unit rumah susun dapat terpenuhi. Pada pengolahan air limbah direncanakan bangunan pengolahan air limbah berupa *Anaerobic Baffled Reactor* dengan

jumlah kompartemen sebanyak 12 dengan 1 bak pengendap. Dimensi tiap kompartemen yaitu $P = 1,2 \text{ m}$ $L = 3 \text{ m}$ dan kedalaman = 2 m sedangkan dimensi bak pengendap yaitu $P 4,5 \text{ m}$ $L = 3 \text{ m}$ dan kedalaman 3 m. Anggaran biaya yang dibutuhkan yaitu Rp. 918.216.165 ,00.

Kata Kunci : Perencanaan, Sistem Plambing, Anaerobic Baffle Reaktor, Rumah Susun

REDESIGN PLUMBING SYSTEM AND WASTEWATER TREATMENT AT TANAH MERAH FLATS KOTA SURABAYA

Student Name : Septian Setyo Prakoso
NRP : 3313100052
Department : Teknik Lingkungan
Advisor Lecturer : Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M.

ABSTRACT

One of the flats in Surabaya is Tanah Merah. This apartment consists of Tanah Merah 1 consisting of four buildings that are A, B, C, D and Red Land 2 which consists of two buildings, namely building A and B. Flats Tanah Merah Surabaya has been operating for more than 5 years and has many problems related to plumbing and wastewater treatment systems, ranging from inadequate water during the peak hour, clogging and overflowing of water from the sewers, overflowing septic tanks.

Evaluation on the performance of plumbing system and wastewater treatment of red Tanah Merah flats in Surabaya is needed to fix some of the problems that arise. Based on the evaluation results, there are some problems that occur in the plumbing system and wastewater treatment such as inadequate clean water demand, overflow septic tank, leakage of waste water pipe and drainage discharge.

The redesign is done on the plumbing system with the addition of pumps to support the water needs during peak hours. The addition of the holder on the rooftop tank reservoir so that the rest of the pressure on the housing unit can be fulfilled. Wastewater treatment is planned for the wastewater treatment plant in the form of Anaerobic Baffled Reactor with the number of compartments of 12 with 1 settling tank. The dimensions of each compartment are $P = 1.2 \text{ m} \times L = 3 \text{ m}$ and the depth = 2 m while the settling-tank dimension is $P = 4.5 \text{ m} \times L = 3 \text{ m}$ and depth of 3 m. Estimated cost required is Rp. 918.216.165, 00.

Keyword(s) : Planning, Plumbing System, Anaerobic Baffle Reactor, Flats

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan pada Allah SWT karena atas Rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Perancangan Ulang Sistem Plambing dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya”. Atas bimbingan dan pengarahan yang telah diberikan hingga terselesaikan laporan tugas akhir ini, saya menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Ir. Mohammad Razif, MM. selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, bimbingan dan ilmu yang diberikan.
2. Ibu dan Bapak Dosen Departemen Teknik Lingkungan ITS yang telah membimbing serta memberikan ilmunya.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem Dipl.SE, M.Sc ,Ibu Alia Damayanti ST., MT., Ph.D dan bapak Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoediharjo, MscE selaku dosen pengarah yang telah membimbing dan memberikan ilmunya.
4. Petugas UPT Pengelola Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya yang telah membantu dan memfasilitasi ketika melakukan pengambilan data-data.
5. Keluarga saya yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran tugas akhir saya.
6. Teman-teman angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat dan siap membantu saya.

Saya menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya menerima saran agar penulisan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Ruang Lingkup.....	2
1.5. Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sistem Plambing Air Bersih	5
2.1.1. Sistem Penyediaan Air Bersih	5
2.1.2. Penentuan Kebutuhan Air Bersih	6
2.1.3. Penentuan Dimensi Pipa Air Bersih	8
2.1.4. Penentuan Kapasitas <i>Ground Reservoir</i>	13
2.1.5. Penentuan Kapasitas <i>Roof Tank</i>	14
2.2 Sistem Plambing Air Limbah.....	15
2.2.1. Penentuan Dimensi Pipa Air Limbah	15
2.2.2. Kemiringan Pipa dan Kecepatan Aliran	19
2.2.3. Sistem Ven dan Penentuan Ukuran Pipa	20

2.3. Pompa	21
2.4. Air Limbah Domestik	22
2.4.1. Parameter Air Limbah Domestik	23
2.4.2. Baku Mutu Air Limbah Domestik	24
2.4.3. Tangki Septik	24
2.4.4. <i>Anaerobic Baffled Reactor</i>	25
2.5 Penelitian Terdahulu.....	40
BAB III GAMBARAN UMUM	43
3.1 Lokasi dan Informasi Wilayah Perencanaan	43
3.2 Kondisi Eksisting Sistem Plambing dan IPAL	44
BAB IV METODE PERENCANAAN	47
4.1. Umum	47
4.2. Tahapan Perencanaan	47
4.3. Kerangka Perencanaan.....	50
BAB V PEMBAHASAN DAN HASIL.....	55
5.1. Survei Kepuasan dan Penggunaan Air	55
5.1.1. Hasil Survei Kepuasan Penghuni	55
5.1.2. Hasil Survei Pola Penggunaan Air	56
5.2. Kebutuhan Air Bersih.....	58
5.2.1. Proyeksi Penghuni Rumah Susun	62
5.3. Kondisi Eksisting sistem <i>fire hydrant</i>	63
5.3.1. Evaluasi Sistem <i>Fire Hydrant</i>	64
5.4. Rancangan Baru Sistem Fire Hydrant.....	68
5.5. Kondisi Eksisting Sistem Penyediaan Air Bersih Rumah Susun Tanah Merah I dan II	71

5.6. Evaluasi Sistem Perpipaan Penyediaan Air Bersih Rumah Susun Tanah Merah I dan II	72
5.7. Kapasitas <i>Ground Reservoir</i> Tanah Merah I.....	78
5.8. Kapasitas <i>Ground Reservoir</i> Tanah Merah II.....	79
5.9. Evaluasi Kapasitas <i>Rooftank Reservoir</i> Tanah Merah II80	
5.10. Evaluasi Kapasitas <i>Rooftank Reservoir</i> Tanah Merah II81	
5.11. Evaluasi Pompa Air Bersih Tanah Merah I.....	82
5.12. Evaluasi Pompa Air Bersih Tanah Merah II.....	83
5.13. Perancangan Ulang Sistem Penyediaan air bersih.....	84
5.14. Kondisi Eksisting Perpipaan Air Buangan Tanah Merah I dan II	85
5.15. Evaluasi Perpipaan Air Buangan	87
5.16. Evaluasi Pipa ven	88
5.17. Perencanaan Pengolahan Air Limbah.....	89
5.18. Rancangan Bak Ekualisasi	91
5.19. Rancangan <i>Grease Trap</i>	94
5.20. Rancangan ABR	96
5.20.1.Perhitungan Dimensi	96
5.21. Perhitungan Sistem Penyaluran Air Limbah	110
5.3 Bill of Quantity (BOQ)	114
5.3.1 Sistem Penyaluran Air Limbah	114
5.3.2 Sistem Pengolahan Air Limbah dan Reservoar	118
5.22. Rencana Anggaran Biaya (RAB)	129
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	131
5.1 Kesimpulan	131
5.2 Saran	132

DAFTAR PUSTAKA134

LAMPIRAN A (SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH).....**Error!**
Bookmark not defined.

LAMPIRAN B (SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH)**Error!**
Bookmark not defined.

LAMPIRAN C (SISTEM *FIRE HYDRANT*)**Error!**
Bookmark not defined.

LAMPIRAN D (KUISIONER PENGHUNI RUMAH SUSUN)**Error!**
Bookmark not defined.

LAMPIRAN E (HASIL ANALISA LABORATORIUM)**Error!**
Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pemakaian air rata-rata per orang per hari	6
Tabel 2. 4 Diameter Minimum, Perangkat Dan Pipa Buangan Alat Plumbing.....	15
Tabel 2. 5 Unit Alat Plumbing Sebagai Beban, Setiap Alat Atau Kelompok.....	17
Tabel 2. 6 Beban Maksimum UAP Untuk Cabang Horizontal Dan Pipa Tegak Buangan	18
Tabel 2. 7 Beban maksimum unit alat plumbing untuk pipa pembuangan gedung.....	19
Tabel 2. 8 Kemiringan untuk Pipa Buangan Arah Mendatar	20
Tabel 2. 9 Ukuran Dan Panjang Pipa Ven	21
Tabel 2. 10 Ukuran Pipa Cabang Horizontal Ven dengan Lup ...	21
Tabel 2. 11 Baku Mutu Air Limbah Domestik [Permukiman (<i>Real Estate</i>), Rumah Makan (Restoran), Perkantoran, Perniagaan, Apartemen, Perhotelan dan Asrama]	24
Tabel 2. 12 Kriteria Desain <i>Anaerobic Baffled Reactor</i>	28
Tabel 2. 13 Data Umum Perhitungan Anaerobic Baffled Reactor.	28
Tabel 2. 14 Data Pengolahan untuk Perhitungan <i>Anaerobic Baffled Reactor</i>	30
Tabel 2. 15 Data Perhitungan Dimensi Bak Pengendap.....	35
Tabel 2. 16 Data Perhitungan Dimensi Anaerobic Baffled Reactor	38
Tabel 2. 17 Tabel Kualitas Limbah Domestik <i>Blackwater</i>	40
Tabel 2. 18 Kualitas Limbah Domestik <i>Greywater</i>	40
Tabel 2. 19 Tabel Kualitas Air Limbah Domestik Rumah Susun	41
Tabel 2. 20 Kualitas Limbah Domestik <i>Greywater</i>	41
Tabel 2. 21 Kualitas Limbah Domestik <i>Blackwater</i>	41
Tabel 5. 1 Persen Pemakaian Air Tiap Jam	57
Tabel 5. 2 Penggunaan Air PDAM Rekening 1	59
Tabel 5. 3 Penggunaan Air PDAM Rekening 2	60
Tabel 5. 4 Penggunaan Air PDAM Rekening 3	60
Tabel 5. 5 Laju Pertumbuhan Indeks Kemampuan Membayar Masyarakat Kota Surabaya	61

Tabel 5. 6 Laju Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Kenjeran ..	62
Tabel 5. 7 Sistem <i>Fire Hydrant</i> Dalam Gedung	63
Tabel 5. 8 Sistem <i>Fire Hydrant</i> Luar Gedung.....	63
Tabel 5. 9 Pipa Air bersih Tanah Merah I.....	71
Tabel 5. 10 Pipa Air bersih Tanah Merah II	71
Tabel 5. 11 Hasil Perhitungan Unit Beban Alat Plambing	73
Tabel 5. 12 Hasil Perhitungan Debit pada Setiap Jalur Pipa	74
Tabel 5. 13 Diameter Pipa Berdasarkan Debit	75
Tabel 5. 14 Diameter Pipa Tiap Jalur	76
Tabel 5. 15 Diameter Pipa Tiap Jalur	77
Tabel 5. 16 Pipa Air Buangan Tanah Merah I	86
Tabel 5. 17 Pipa Air Buangan Tanah Merah I	87
Tabel 5. 18 Perhitungan Pipa Air Buangan Tanah Merah.....	87
Tabel 5. 19 Pipa Ven Eksisting.....	88
Tabel 5. 20 Karakteristik Grey Water Rumah Susun Tanah Merah	90
Tabel 5. 21 Tabel Debit Fluktuatif.....	91
Tabel 5. 22 Perhitungan Diameter Pipa	111
Tabel 5. 23 Perhitungan Penanaman Pipa.....	113
Tabel 5. 23 Rencana Anggaran Biaya.....	130

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Tangki Atap	5
Gambar 2. 2 Hubungan Antara Unit Beban Alat Plambing Sampai 240	10
Gambar 2. 3 Hubungan Antara Unit Beban Alat Plambing Sampai 3000	10
Gambar 2. 4 Contoh Potongan MelintangTangki Septik.....	25
Gambar 2. 5 Penampang Membujur Unit ABR	26
Gambar 2. 6 Grafik Hubungan HRT Dengan COD Removal.....	29
Gambar 2. 7 Hubungan BOD Removal Terhadap Organic Load	31
Gambar 2. 8 Hubungan Efisiensi Removal BOD dengan Kualitas Air Limbah pada Anaerobic Baffled Reactor	32
Gambar 2. 9 Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Temperatur pada Anaerobic Reactor	32
Gambar 2. 10 Hubungan Efisiensi Removal BOD dengan Nilai Hyraulic Retention Time pada Anaerobic Baffled Reactor	33
Gambar 2. 11 Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD	35
Gambar 2. 12 Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan	37
.....	43
Gambar 3. 1 Letak Rumah Susun Tanah Merah	43
Gambar 3. 2 Truk PDAM Pemasok Air Bersih	44
Gambar 3. 3 Meluapnya Tanki <i>Septic</i>	45
Gambar 3. 4 Kebocoran Pipa	45
Gambar 3. 5 Tersumbatnya Saluran Pembuangan	45
Gambar 5. 1 Hasil Kepuasan Penghuni	56
Gambar 5. 2 Pola Pemakaian Air Tiap Jam	57
Gambar 5. 3 Peletakan Box Hydrant dalam Gedung Tanah Merah I	64
Gambar 5. 4 Peletakan Box Hydrant dalam Gedung Tanah Merah II	65
Gambar 5. 5 Peletakan Box Hydran Luar Gedung Tanah Merah I	66

Gambar 5. 6 Peletakan Box Hydran Luar Gedung Tanah Merah II	66
Gambar 5. 7 Sistem Fire Hydrant Tanah Merah I dan II	69
Gambar 5. 8 Jalur Pipa Tiap Kamar	73
Gambar 5. 9 Hubungan antara unit beban alat plambing sampai 250	74
Gambar 5. 11 Grafik Spesifikasi Pompa Grunfos <i>centrifugal Pump</i>	84
Gambar 5. 10 Pompa GRUNFOS CR-5.....	84
Gambar 5. 14 Pipa Ven Tegak	88
Gambar 5. 15 Skema Pengolahan Air Limbah	90
Gambar 5. 16 Pompa Ebara DWM Vox 75	94
Gambar 5. 17 Hubungan Antara Removal COD dengan HRT....	97
Gambar 5. 18 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan BOD	97
Gambar 5. 19 Grafik Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan.....	99
Gambar 5. 20 Grafik Hubungan antara Removal COD dengan Beban Organik pada ABR	101
Gambar 5. 21 Grafik Hubungan antara Faktor Removal dengan Konsentrasi BOD pada ABR	102
Gambar 5. 22 Grafik Hubungan antara HRT dengan COD <i>removal</i>	103
Gambar 5. 23 Grafik Hubungan antara Suhu Pengolahan dengan Faktor <i>Removal</i>	103
Gambar 5. 24 Faktor Removal BOD dengan COD Removal	104
Gambar 5. 25 Galian Normal Pipa Penyalur Air Limbah.....	114
Gambar 5. 26 Bentuk Galian Rencana Saluran	115

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di Kota Surabaya semakin meningkat. jumlah penduduk Surabaya yaitu 2.848.583 jiwa dengan pertumbuhan penduduk sebesar 0,52% (BPS Kota Surabaya), Hal ini berbanding terbalik dengan jumlah lahan tersedia yang semakin berkurang. Hal ini membuat Surabaya mulai banyak membangun apartemen maupun rumah susun. Bangunan vertikal ini menjadi alternatif karena satu gedung terdapat banyak unit yang satu unitnya dapat ditempati satu keluarga.

Salah satu rumah susun di Surabaya adalah Rumah Susun Tanah Merah. Rumah susun ini terdiri dari Tanah Merah 1 yang terdiri dari empat gedung yaitu gedung A, B, C, D dan Tanah Merah 2 yang terdiri dari dua gedung yaitu gedung A dan B.

Setelah beroperasi selamalebih dari 5 tahun, rumah susun Tanah Merah telah banyak mengalami permasalahan terkait sistem plambing dan pengolahan air limbah, mulai dari tidak tercukupinya air saat pagi hari (jam puncak), tersumbat dan meluapnya air dari pipa pembuangan, meluapnya tanki septik.

Berdasarkan Undang-Undang RI No. 20 Tahun 2011, sebuah rumah susun harus memiliki kelengkapan berupa sistem penyediaan air bersih dan sistem penyaluran air buangan yang memadai. Hal ini yang menyebabkan diperlukannya perencanaan ulang dari sistem plambing dan pengolahan air limbah. Tujuan dari perencanaan ulang yang dilakukan adalah memberikan solusi pada permasalahan sistem plambing (penyediaan air bersih, penyaluran air buangan) dan pengolahan air limbah yang terjadi pada Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya. Selain itu juga bertujuan untuk memberikan konsep perencanaan dan pengelolaan sistem plambing dan pengolahan air limbah yang sesuai pada Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya. Manfaat dari perencanaan ulang system plambing dan pengolahan limbah ini adalah untuk memberikan masukan kepada Dinas pengelola Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya tentang pengelolaan

sistem plambing dan pengolahan air limbah yang sesuai dengan Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi dasar untuk perencanaan ulang sistem plambing dan pengolahan air limbah rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya :

1. Bagaimana evaluasi sistem plambing dan pengolahan air limbah rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya ?
2. Bagaimana perancangan ulang sistem plambing dan perancangan instalasi pengolahan air limbah rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya ?
3. Berapa *bill of quantitiy* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan, operasi dan pemeliharaan sistem plambing dan IPALrumah susun Tanah Merah Kota Surabaya ?

1.3. Tujuan

Tujuan dari perencanaan ulang sistem plambing dan pengolahan air limbah rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya adalah :

1. Mengevaluasi system plambing dan pengolahan air limbah pada Rumah susun Tanah Merah
2. Mendesain ulang system plambing dan merancang instalasi pengolahan air limbah (IPAL) rumah susun Tanah Merah kota Surabaya
3. Menghitung *bill of quantitiy* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari perencanaan ulang sistem plambing dan IPAL rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya sebagai berikut:

1. Wilayah studi yang akan dilakukan yaitu seluruh rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya yang terdiri dari Tanah Merah 1 dan Tanah Merah 2 yang meiliki enam blok. Tanah Merah 1 memiliki 4 lantai dengan total unit ruangan penghuni sebanyak 384 unit. Tanah Merah 2 memiliki 4

lantai dengan total unit ruangan penghuni sebanyak 196 unit. Total ruangan penghuni adalah 580 unit.

2. Aspek yang akan ditinjau meliputi aspek teknis dan aspek BOQ & RAB.
3. Evaluasi yang dilakukan berupa sistem perpipaan air bersih, perpipaan air buangan dan vent, bangunan pelengkap seperti *groundreservoir* dan *Roof tank*, serta perancangan instalasi pengolahan air limbah (IPAL).
4. Biaya Konstruksi disusun berdasarkan SNI dan HSPK Kota Surabaya Tahun 2016.
5. Biaya operasi dan pemeliharaan diperhitungkan untuk 5 tahun.
6. Kuantitas air limbah diperhitungkan dari jumlah populasi dan pemakaian air bersih.
7. Kualitas air limbah didasarkan penelitian terdahulu untuk limbah domestik.

1.5. Manfaat

Manfaat dari perancangan ini adalah :

1. Mengaplikasikan ilmu mata kuliah yang telah dipelajari dari literatur
2. Mengatasi permasalahan over kapasitas dari sistem plambing dan air buangan rumah susun Tanah Merah.
3. Memberikan masukan kepada dinas pengelola berdasarkan *detail engineering design* (DED) dan BOQ&RAB.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

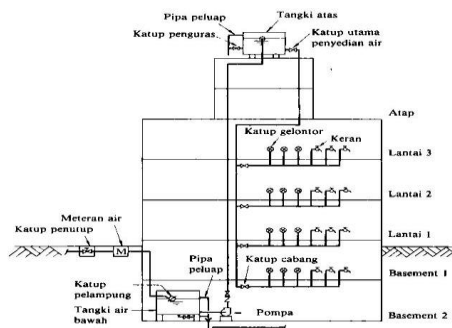
2.1. Sistem Plambing Air Bersih

2.1.1. Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem penyediaan air bersih yang digunakan yaitu sistem tangki atap. Dalam sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 menunjukkan air ditampung lebih dahulu dalam tangki bawah (dipasang pada lantai terendah bangunan atau dibawah muka tanah) kemudian dipompakan ke suatu tangki atas yang biasanya dipasang di atas atap atau di atas lantai tertinggi bangunan.

Apabila tekanan air dalam pipa utama cukup besar, air dapat langsung dialirkan ke dalam tangki atap tanpa disimpan dalam tangki bawah dan dipompa. Dalam keadaan demikian ketinggian lantai atas yang dapat dilayani akan tergantung pada besarnya tekanan air dalam pipa utama. Selain itu pada setiap tangki bawah dan tangki atap harus dipasang alarm yang akan memberi tanda suara untuk muka air rendah atau muka air penuh sistem tangki atap ini diterapkan seringkali dengan alasan-alasan berikut :

- a. Selama air digunakan, perubahan tekanan yang terjadi pada alat plambing hampir tidak terjadi, perubahan tekanan ini hanyalah akibat muka air dalam tangki atap.



Gambar 2. 1 Sistem Tangki Atap
Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2000

- b. Sistem pompa yang dinaikkan air tangki atap bekerja otomatis dengan cara yang sangat sederhana sehingga kecil sekali kemungkinan timbulnya kesulitan.
- c. Perawatan tangki atap sangat sederhana jika dibandingkan dengan tangki tekan.

2.1.2. Penentuan Kebutuhan Air Bersih

Apabila jumlah penghuni diketahui, untuk suatu bangunan gedung maka angka tersebut dipakai untuk menghitung pemakaian air rata-rata sehari berdasarkan standar pemakaian air per orang per hari untuk penggunaan gedung tersebut. Pemakaian air rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Pemakaian air rata-rata per orang per hari

No.	Pengguna gedung	Pemakaian air	Satuan
1	Rumah	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah	100 ¹⁾	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
4	Rumah Sakit	500 ²⁾	Liter/tempat tidur pasien /hari
5	Sekolah	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari
7	SMU/SMK dan lebih	80	Liter/siswa/hari
8	Ruko/Rukan	100	Liter/penghuni dan pegawai/hari
9	Kantor/Pabrik	50	Liter/pegawai/hari
10	Toserba,toko	5	Liter/m ²
11	Restoran	15	Liter/kursi
12	Hotel	250	Liter/tempat tidur
17	Peribadatan	5	Liter/orang,

Sumber:

¹⁾ Hasil pengkajian Puslitbang Permukiman Dep. Kimpraswil tahun 2000

²⁾ Permen Kesehatan RI No : 986/Menkes/Per/XI/1992

- Pemakaian air dalam satu hari (Q_1) adalah:

$$Q_1 = \text{Jumlah penghuni} \times \text{Rusun Pemakaian Air} \quad (2.1)$$

- Diperkirakan tambahan pemakaian air untuk menyiram tanaman, mengatasi kebocoran, dan lain-lain sehingga untuk pemakaian air rata-rata perhari (Q_d):

$$Q_d = (100\% + \text{Tambahan pemakaian air } \%) \times \text{Rusun } Q_1 \quad (2.2)$$

- Pemakaian air rata-rata

$$Q_h = \frac{Q_d}{t} \quad (2.3)$$

Di mana :

Q_h = Pemakaian air rata-rata (m^3/jam)

Q_d = Pemakaian air rata-rata sehari (m^3/hari)

t = Jangka waktu pemakaian air dalam 1 hari (jam)

- Pemakaian air pada jam puncak

$$Q_{h-\max} = Q_h \times C_1 \quad (2.3)$$

Di mana:

$Q_{h-\max}$ = Pemakaian air pada jam puncak (m^3/jam).

C_1 = Konstanta \rightarrow berkisar antara 1,5 – 2,0.

- Pemakaian air pada hari puncak

$$Q_{d-\max} = Q_d \times C_2 \quad (2.4)$$

Di mana :

$Q_{d-\max}$ = Pemakaian air pada hari puncak (m^3/jam).

C_2 = Konstanta \rightarrow berkisar antara 1,5 – 2,0.

- Pemakaian air pada menit puncak

$$Q_{m-\max} = \frac{Q_h}{60} \times C_3 \quad (2.5)$$

Di mana:

$Q_{m-\max}$ = Pemakaian air pada menit puncak (m^3/jam).

C_3 = Konstanta \rightarrow berkisar antara 3,0 – 4,0.

2.1.3. Penentuan Dimensi Pipa Air Bersih

Dalam menentukan ukuran pipa perlu dipertimbangkan batas kerugian gesek atau gradien hidrolis yang diizinkan, demikian juga batas kecepatan tertinggi. Penentuan dimensi pipa air bersih menggunakan metode sistem hitungan *hydraulic*. Metode tersebut didasarkan atas debit air yang mengalir pada peralatan saniter. Langkah penentuan dimensi pipa air bersih :

- Menentukan jumlah dan posisi *Roof tank*.
- Menentukan jumlah alat plambing yang digunakan.
Sebelum menentukan jumlah unit beban setiap alat plambing maka perlu ditentukan banyak alat dalam ruangan tersebut.
- Menentukan jalur air bersih tiap alat plambing.
Selanjutnya menentukan jalur pipa untuk setiap alat plambing tersebut. Selanjutnya dihitung jumlah unit beban alat plambing tiap jalur tersebut. Adapun rumus untuk mencari besar unit beban alat plambing pada metode ini adalah sebagai berikut :
unit beban total = jumlah alat × unit beban alat **(2.6)**

Untuk jumlah unit beban alat plambing dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Unit Alat Plambing

Jenis Alat Plambing ²⁾	Jenis Penyediaan Air	Unit Alat Plambing ³⁾		Keterangan
		Untuk Pribadi ⁴⁾	Untuk Umum ⁵⁾	
Kloset	Katup gelontor	6	10	
Kloset	Tangki gelontor	3	5	
Peturasan, dengan tiang	Katup gelontor	-	10	
Peturasan terbuka (urinal stall)	Katup gelontor	-	5	
Peturasan terbuka (urinal stall)	Tangki gelontor	-	3	

Jenis Alat Plambing ²⁾	Jenis Penyediaan Air	Unit Alat Plambing ³⁾		Keterangan
		Untuk Pribadi ⁴⁾	Untuk Umum ⁵⁾	
Bak cuci (kecil)	Keran	0,5	1	
Bak cuci tangan	Keran	1	2	
Bak cuci tangan, untuk kamar operasi	Keran	-	3	
Pancuran mandi tunggal	Keran pencampur air dingin dan panas (untuk tiap keran)	2	-	
Bak cuci bersama	Keran	-	2	
Bak cuci pel	Keran	3	4	
Bak cuci dapur	Keran	2	4	
Bak cuci piring	Keran	-	5	
Bak cuci pakaian (satu sampai tiga)	Keran	3	-	Gedung kantor, dsb Untuk umum : hotel atau restoran, dsb

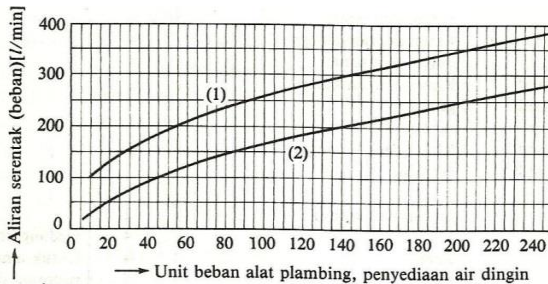
Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2000

d. Menentukan besarnya nilai *fixture unit*.

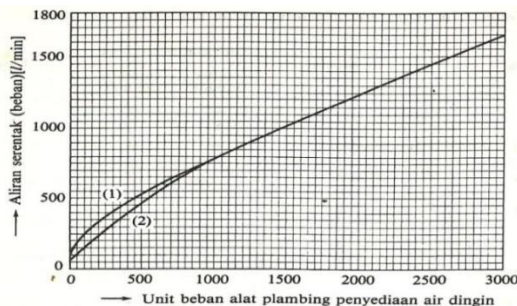
e. Menentukan besarnya debit yang digunakan.

Setelah didapatkan jumlah unit beban alat plambing selanjutnya dicari besar debit yang mengalir dalam jalur pipa. Dalam tahap ini, untuk setiap alat plambing ditetapkan suatu unit beban (*fixture unit*). Untuk setiap bagian pipa dijumlahkan besarnya unit beban dari semua alat plambing yang dilayaninya, dan kemudian dicari besarnya laju aliran dengan Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 dengan cara memplotkan antara unit beban alat plambing dengan laju aliran. Kurva tersebut memberikan hubungan antara jumlah unit beban plambing

dengan laju aliran air, dengan memasukkan faktor kemungkinan penggunaan serempak dari alat-alat plambing.



Gambar 2. 2 Hubungan Antara Unit Beban Alat Plambing Sampai 240
Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2000



Gambar 2. 3 Hubungan Antara Unit Beban Alat Plambing Sampai 3000
Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2000

f. Menentukan dimensi pipa air bersih.

Pipa yang digunakan pada perencanaan plambing ada 3 jenis menurut tempat dan kegunaan masing masing.

- Pipa primer.
Merupakan pipa yang tersambung dari reservoir ssebagai pipa utama yang mengalirkan air sebelum ke setiap shaft gedung.
- Pipa *shaft (vertical)*.
Merupakan pipa sambungan dari pipa primer yang dipasang vertikal menyesuaikan kondisi shaft pada gedung.

- Pipa sambungan ke alat plambing.
Adalah pipa sambungan setelah pipa shaft yang mengalirkan air ke setiap alat plambing yang telah terinstal pada masing-masing ruang.

Debit pipa setiap jalur yang telah didapat dari kurva sebelumnya digunakan untuk menentukan besar diameter yang akan digunakan pada setiap jalur pipa. Penentuan diameter pipa menggunakan debit dapat ditentukan dari Tabel 3.3 berikut.

Tabel 2. 3 Tabel Diameter Pipa Berdasarkan Debit

Fixture		Number of Fixtures								
		1	2	4	8	12	16	24	32	40
<i>Water closet</i>										
<i>Tank</i>	Gpm	8	16	24	48	60	80	96	128	150
	Pipe size, in	½	¾	1	1 ¼	1 ½	1 ½	2	2	2
<i>Flush valve</i>	Gpm	30	50	80	120	140	160	200	250	300
	Pipe size, in	1	1 ¼	1 ½	2	2	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½
<i>Urinal</i>										
<i>Tank</i>	Gpm	6	12	20	32	42	56	72	90	120
	Pipe size, in	½	¾	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼	1 ½	2	2
<i>Flush valve</i>	Gpm	25	37	45	75	85	100	125	150	175
	Pipe size, in	1	1 ¼	1 ¼	1 ½	1 ½	2	2	2	2
<i>Wash basin</i>	Gpm	4	8	12	24	30	40	48	64	75
	Pipe size, in	½	½	¾	1	1	1 ¼	1 ¼	1 ½	1 ½
<i>Bath tub</i>	Gpm	15	30	40	80	96	112	144	292	240
	Pipe size, in	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2	2	2 ½	2 ½

Fixture		Number of Fixtures								
		1	2	4	8	12	16	24	32	40
Shower bath	Gpm	8	16	32	64	96	128	192	256	320
	Pipe size, in	½	¾	1 ¼	1 ½	2	2	2 ½	2 ½	3
Sinks	Gpm	15	25	40	64	84	96	120	150	200
	Pipe size, in	¾	1	1 ¼	1 ½	1 ½	2	2	2	2 ½

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2000

- g. Menentukan *headloss* tiap jalur pipa air bersih.

Setelah didapatkan diameter pada masing masing jalur pipa dilakukan perhitungan *headloss* pada masing masing jalur serta evaluasi besar *headloss* dengan static head dari reservoir ke pipa. Untuk menghitung *headloss* (H_f) dapat digunakan rumus dasar kehilangan tekanan.

1. Rumus Hazen Williams

$$H_f = \left(\frac{Q}{0,2785 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \quad (2.7)$$

Di mana :

H_f = Headloss (m)

Q = Debit air (m³/detik)

c = Koefesien kekasaran pipa

D = Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

Dari rumus Hazen William diatas dapat diturunkan dan dimodifikasi menjadi rumus yang lebih sesuai dengan keadaan dilapangan terutama di Indonesia. Rumus Hazen William yang telah diturunkan menjadi seperti berikut:

2. Rumus Penurunan Hazen Williams dengan penggantian satuan.

$$H_f = \frac{L}{(0,00155 \times D^{2,63} \times C)^{1,85}} \times Q^{1,85} \quad (2.8)$$

Di mana :

H_f = Headloss (m)
 Q = Debit air (L/detik)
 C = Koefesien kekasaran pipa
 D = Diameter pipa (cm)
 L = Panjang pipa (m)

Setelah didapat *headloss* pada setiap jalur pipa dapat dievaluasi menurut besar *headloss* dibandingkan dengan nilai *static head*.

- h. Evaluasi nilai *headloss* dengan nilai static head dari reservoir.
Untuk menghindari air yang tidak dapat mengalir terutama pada lantai teratas sehingga nilai static head harus **lebih besar** dari nilai *headloss* pada lantai teratas. Apabila nilai *headloss* pada jalur pipa terlalu besar dapat diganti dengan diameter pipa yang lebih besar untuk menurunkan nilai *headloss* tersebut.

2.1.4. Penentuan Kapasitas *Ground Reservoir*

Ground Reservoir ini berfungsi menampung air bersih untuk kebutuhan sehari-hari dan air untuk keperluan sistem pemadam kebakaran. Untuk menentukan kapasitas *Ground Reservoir* ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_R = Q_d - (Q_s \times T) + V_f \quad (2.9)$$

Dengan :

V_R =Volume tangki air bawah (m³)
 Q_d =Jumlah kebutuhan air perhari (m³/hari)
 Q_s = Kapasitas pipa dinas (m³/jam)
 T =Rata-rata pemakaian perhari (jam/hari)
 V_f =Cadangan air untuk pemadam kebakaran (m³)

2.1.5. Penentuan Kapasitas *Roof Tank*

Roof tank atau tangki atas merupakan tangki penampung yang menampung air sebelum didistribusikan ke seluruh sistem. Tangki ini digunakan untuk menampung kebutuhan puncak air, biasanya disediakan dengan kapasitas cukup untuk jangka waktu kebutuhan puncak tersebut yaitu sekitar 30 menit.

Dalam keadaan tertentu kebutuhan puncak dimulai pada saat muka air terendah dalam tangki atas, sehingga perlu dilakukan perhitungan terhadap jumlah air yang dapat dimasukkan dalam waktu 10 sampai 15 menit oleh pompa angkat (yang memompakan air dari tangki bawah ke tangki atas). Kapasitas efektif tangki atas dinyatakan dengan rumus :

$$V_E = [(Q_p - Q_{m_{max}}) \times T_p] + (Q_{pu} \times T_{pu}) \quad (2.9)$$

Di mana:

- V_E = Kapasitas efektif tangki atas (L)
- Q_p = Kebutuhan puncak (L/menit)
- $Q_{m_{max}}$ = Kebutuhan jam puncak (L/menit)
- Q_{pu} = Kapasitas pompa pengisi (L/menit)
- T_p = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit)
- T_{pu} = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit)

Pada umumnya, kapasitas pompa pengisi diusahakan sebesar :

$$Q_{pu} = Q_{m_{max}} \quad (2.10)$$

Air yang diambil dari tangki atas melalui pipa pembagi utama dianggap sebesar Q_p . Semakin dekat Q_{pu} dengan Q_p , maka semakin kecil ukuran tangki atas. Dari rumus di atas dapat dilihat bahwa bila $Q_{pu} = Q_p$, maka volume tangki adalah :

$$V_E = Q_{pu} \times T_{pu} \quad (2.11)$$

Ini adalah kapasitas tangki minimum yang masing-masing cukup untuk melayani kebutuhan puncak. Jadi ukuran tangki atas tidak boleh ditentukan sendiri tanpa memperhatikan kapasitas pompa pengisian, demikian pula sebaliknya. Hal ini penting untuk diperhatikan pada saat merancang suatu gedung.

2.2 Sistem Plumbing Air Limbah

2.2.1. Penentuan Dimensi Pipa Air Limbah

Didalam penyaluran air buangan, dimensi pipa penting untuk diketahui sebagai alat yang akan menyalurkan air buangan. Tentunya dimensi pipa setiap jenis air buangan berbeda didasarkan pada besarnya unit alat plumbing dari alat-alat plumbing yang dilayani. Selain itu, perlu diperhatikan hal-hal lain antara lain sebagai berikut :

1. Ukuran minimum pipa cabang mendatar.
Ukuran sekurang-kurangnya sama dengan diameter terbesar dari perangkat alat plumbing.
2. Ukuran minimum pipa tegak.
Ukuran sekurang-kurangnya sama dengan diameter terbesar pipa cabang mendatar yang disambung ke pipa tegak. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.4 tabel 2.5, tabel 2.6 dan tabel 2.7, yang disertai dengan beban UAP pada pipa air buangan untuk masing alat plumbing.
3. Pengecilan ukuran pipa.
Pipa tegak maupun pipa cabang mandatar tidak boleh diperkecil diameternya dalam arah aliran air buangan.
4. Pipa bawah tanah.
Pipa air buangan yang ditanam dalam tanah atau dibawah lantai harus mempunyai ukuran sekurang-kurangnya 50 mm.
5. Interval cabang.
Adalah jarak pada pipa tegak antara dua titik, di mana pipa cabang mendatar disambung pada pipa tegak tersebut. Jarak ini sekurang-kurangnya 2,5 m.

Tabel 2. 4 Diameter Minimum, Perangkat Dan Pipa Buangan Alat Plumbing

No	Alat Plumbing	Diameter Perangkat Minimum (mm)	Diameter Pipa Buangan Alat Plumbing Minimum (mm)	Catatan
1	Kloset	75	75	
2	Peturasan			
	- Tipe menempel	40	40	

No	Alat Plumbing	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Diameter Pipa Buangan Alat Plumbing Minimum (mm)	Catatan
	dinding			
	- Tipe gantung di dinding	40-50	40-50	(1)
	- Tipe dengan kaki, siphon jet atau blow-out	75	75	(2)
	- Untuk umum : untuk 2 orang	50	50	
	- Untuk 3-4 orang	65	65	
	- Untuk 5-6	75	75	
3	Bak cuci tangan (<i>lavatory</i>)	32	32-40	(3)
4	Bak cuci tangan (<i>wash basin</i>)			
	- Ukuran biasa	32	32	
	- Ukuran kecil	25	25	(4)
5	Pancuran minum	32	32	
6	Pancuran mandi (<i>dalam ruang</i>)	50	50	
7	Bak cuci, untuk pel	65	65	
	- Ukuran besar	75-100	75-100	(8)
8	Buangan lantai (<i>floor drain</i>)	40-75	40-75	(1)
Catatan : (1) Ada dua macam perangkap dan pipa buangan, sesuai dengan tipe peturasannya. (2) Tidak selalu tersedia di toko. (3) Pipa buangan 32 mm boleh digunakan, tetapi karena pipa ven mudah rusak lebih disukai sistem ven dengan lup. Dianjurkan menggunakan pipa buangan 40 mm untuk menjamin ventilasi dan mengatasi kemungkinan mengendapnya sabun atau bahan lainnya pada dinding dalam pipa. (4) Bak cuci tangan kecil ini biasanya tanpa lubang peluap dan digunakan dalam kakus atau kamar mandi rumah atau apartement. Pipa buangan alat plumbing harus berukuran 32 mm.				

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2000

Tabel 2. 5 Unit Alat Plumbing Sebagai Beban, Setiap Alat Atau Kelompok

No	Alat Plumbing	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Unit Alat Plumbing Sebagai Beban
1	Kloset		
	- Tangki gelontor	75	4
	- Katup gelontor	75	8
2	Peturasan		
	- Tipe menempel dinding	40	4
	- Tipe gantung di dinding	40-50	4
	- Tipe dengan kaki, siphon jet atau blow-out	75	8
	- Untuk umum	50	2
3	Bak cuci tangan (lavatory)	32	1
4	Bak cuci tangan (wash basin)		
	- Ukuran biasa	32	1
	- Ukuran kecil	25	0.5
5	Pancuran minum	32	0.5
6	Pancuran mandi (dalam ruang)	50	2
7	Bak cuci pakaian	40	2
8	Buangan lantai (<i>floor drain</i>)	40-75	0.5

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2000

Tabel 2.4 merupakan diameter pipa minimum yang diperbolehkan berdasarkan alat plumbing yang digunakan. Alat plumbing yang digunakan akan mempengaruhi Unit Alat Plumbing (UAP). Diameter pipa yang digunakan untuk alat plumbing yaitu berkisar antara 30 – 100 mm.

Sedangkan untuk diameter minimum perangkap yaitu 32-100 mm. Pada Tabel 2.15 berisi tentang Unit Alat Plumbing tiap alat plumbing.

Tabel 2. 6 Beban Maksimum UAP Untuk Cabang Horizontal Dan Pipa Tegak Buangan

Diameter pipa	Beban maksimum unit alat plambing yang boleh disambung kepada:											
	Cabang mendatar ¹⁾			Satu pipa tegak setinggi 3 tingkat atau untuk 3 interval			Pipa tegak dengan tinggi lebih dari 3 tingkat					
							Jumlah untuk satu pipa tegak			Jumlah untuk cabang satu tingkat		
(mm)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing ²⁾ (NPC)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing ²⁾ (NPC)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing ²⁾ (NPC)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing ²⁾ (NPC)
32	1	100	1	2	100	2	2	100	2	1	100	1
40	3	100	3	4	100	4	8	100	8	2	100	2
50	5	90	6	9	90	10	24	100	24	6	100	6
65	10	80	12	18	90	20	48	90	42	9	100	9
75	14	70	20 ³⁾	27	90	30 ⁴⁾	54	90	60 ⁴⁾	14	90	16 ⁴⁾
100	96	60	160	192	80	240	400	80	500	72	80	90
125	216	60	360	432	80	540	880	80	1100	160	80	200
150	372	60	620	768	80	960	1520	80	1900	280	80	350
200	840	60	1400	1760	80	2200	2280	80	3600	480	80	600
250	1500	60	2500	2660	70	3800	3920	70	5600	700	70	1000
300	2340	60	3900	4200	70	6000	5880	70	8400	1050	70	1500
375	3500	50	7000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Catatan :												
1) Tidak termasuk cabang buangan gedung												
2) NATIONAL PLUMBING CODE, American Standard, ASA 40.8-1955.												
3) Tidak lebih dari dua kloset												
4) Tidak lebih dari tiga kloset												

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2000

Tabel 2. 7 Beban maksimum unit alat plumbing untuk pipa pembuangan gedung

Diameter pipa	Beban maksimum unit alat plumbing yang boleh disambung kepada bagian manapun dari pipa pembuangan gedung											
	Kemiringan pipa tegak dengan tinggi lebih dari 3 tingkat											
	1/192 ¹⁾			1/96 ¹⁾			1/48 ¹⁾			1/24 ¹⁾		
(mm)	Unit alat plumbing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plumbing ²⁾ (NPC)	Unit alat plumbing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plumbing ²⁾ (NPC)	Unit alat plumbing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plumbing ²⁾ (NPC)	Unit alat plumbing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plumbing ²⁾ (NPC)
50	-	-	-	-	-	-	21	100	21	26	100	26
65	-	-	-	-	-	-	22	90	24	28	90	31
75	-	-	-	18	90	20 ³⁾	23	85	27 ³⁾	29	80	36 ³⁾
100	-	-	-	104	60	180	130	60	216	150	60	250
125	-	-	-	234	60	390	288	60	480	345	60	575
150	-	-	-	420	60	700	504	60	840	600	60	1000
200	840	60	1400	960	60	1600	1152	60	1920	1380	60	2300
250	1500	60	2500	1740	60	2900	2100	60	3500	2520	60	4200
300	2340	60	3900	2760	60	4600	3360	60	5600	4020	60	6700
375	3500	50	700	4150	50	8300	5000	50	10000	6000	50	12000
Catatan :												
¹⁾ Angka-angka ini dikonversikan dari standar NPC, oleh karena dalam standar NPC digunakan kemiringan 1/16, 1/8, ¼, dan ½ inci dalam arah tegak untuk setiap kaki arah horizontal												
²⁾ NATIONAL PLUMBING CODE, American Standard, ASA 40.8-1955.												
³⁾ Tidak lebih dari dua kloset												

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2000

2.2.2. Kemiringan Pipa dan Kecepatan Aliran

Karakteristik air buangan sangat berbeda dengan karakteristik air bersih. Hal ini dapat dilihat dari kandungan partikel padatan pada air buangan. Oleh karena itu, atas dasar perbedaan karakteristiknya, desain pipa untuk air bersih dan air buangan menjadi berbeda. Air buangan membutuhkan kecepatan aliran yang tinggi serta kemiringan pada pipa yang sesuai agar dapat mengalir dan tidak tersumbat. Selain itu pipa pada air buangan tidak terisi penuh oleh air buangan, melainkan hanya

2/3 penampang pipa, sehingga bagian atas pipa yang kosong terisi oleh udara. Kemiringan pipa dapat dibuat sama atau lebih dari satu per diameter pipanya (dalam mm). Kecepatan terbaik dalam pipa berkisar antara 0,6 sampai 1,2 m/detik. Kemiringan pipa pembuangan gedung dan riol gedung dapat dibuat lebih landai dari pada 1/50 untuk diameter 75 mm atau kurang dari 1/100 untuk 100 mm atau kurang, asal kecepatan berada pada ijin. Berikut ini adalah tabel kemiringan pipa yang dianjurkan.

Tabel 2. 8 Kemiringan untuk Pipa Buangan Arah Mendatar

Diameter pipa (inch)	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	2	2 $\frac{1}{2}$	3	4	5	6
Besarnya slope minimum (inchi per feet)	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$

Sumber : "Plumbing" 3rd edition, Harold Babbitt.

2.2.3. Sistem Ven dan Penentuan Ukuran Pipa

Pipa ven merupakan bagian penting dari sistem pembuangan air dalam gedung. Tujuan pemasangan pipa ven antara lain untuk menjaga sekat perangkat dari efek siphon atau tekanan, mempertahankan stabilitas aliran sistem pengaliran, dan sirkulasi udara dalam pipa. Menurut Noerbambang dan Morimura (2005) besar kecilnya ukuran pipa ven selain ditentukan oleh banyaknya unit alat plambing dan juga diameter pipa tegak air buangan yang dihubungkan. Langkah-langkah dalam menentukan dimensi pipa ven adalah sebagai berikut:

1. Menentukan sistem ven yang digunakan pada ruang saniter dan memberi nama jalur pada setiap sistem agar penentuan dimensi pipa lebih mudah dilakukan.
2. Menentukan jenis Unit Alat Plambing (UAP) yang terdapat pada tiap-tiap jalur yang telah ditentukan.
3. Menentukan kumulatif dari masing – masing UAP tersebut.
4. Menentukan diameter air buangan pada jalur di mana pipa ven dipasang, penentuan diameter berdasarkan diameter pipa air buangan yang telah dihitung.
5. Menentukan panjang pipa yang terdapat pada setiap jalur yang telah ditentukan.

6. Konversi diameter pipa dalam satuan inci sesuai dengan yang terdapat di pasaran

Tabel 2. 9 Ukuran Dan Panjang Pipa Ven

Ukuran pipa tegak air buangan (mm)	Beban unit alat plambing yang disambungkan	Diameter pipa ven yang diperlukan (mm)								
		32	40	50	65	75	100	125	150	200
		Panjang maksimum pipa ven (m)								
32	2'	9								
40	8	15	45							
40	10	9	30							
50	12	9	22,5	60						
50	20	7,8	15	45						
65	42	-	9	30	90					
75	10	-	9	30	60	180				
75	30	-	-	18	60	150				
75	60	-	-	15	24	120				
100	100	-	-	10,5	30	78	300			
100	200	-	-	9	27	75	270			
100	500	-	-	6	21	54	210			
125	200	-	-	-	10,5	24	105	300		
125	500	-	-	-	9	21	90	270		
125	1100	-	-	-	6	15	60	210		
150	350	-	-	-	7,5	15	60	120	390	
150	620	-	-	-	4,5	9	37,5	90	330	
150	960	-	-	-	-	7,2	30	75	300	
150	1900	-	-	-	-	6	21	60	210	
200	600	-	-	-	-	-	15	45	150	
200	1400	-	-	-	-	-	12	30	120	
200	2200	-	-	-	-	-	9	24	105	
200	3600	-	-	-	-	-	7,5	18	75	
250	1000	-	-	-	-	-	-	22,5	37,5	
250	2500	-	-	-	-	-	-	15	30	
250	3800	-	-	-	-	-	-	9	24	
250	5600	-	-	-	-	-	-	7,5	18	

Sumber: Noerbambang, dkk, 2000

Tabel 2. 10 Ukuran Pipa Cabang Horizontal Ven dengan Lup

Nomor jalur	Ukuran pipa air kotor atau air buangan (mm)	Unit alat plambing (angka maksimum)	Diameter ven lup (mm)					
			40	50	65	75	100	125
			Panjang maksimum horizontal (m)					
1	40	10	6					
2	50	12	4,5	12				
3	50	20	3	9				
4	75	10	-	6	12	30		
5	75	30	-	-	12	30		
6	75	60	-	-	48	24		
7	100	100	-	2,1	6	15,6	60	
8	100	100	-	1,8	5,4	15	54	
9	100	500	-	-	4,2	10,8	42	
10	125	200	-	-	-	4,8	21	60
11	125	1100	-	-	-	3	12	42

Sumber: Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, 2000

2.3. Pompa

Pompa dalam sistem plumbing merupakan alat penyediaan air bersih, yang berfungsi untuk memindahkan air dari *Ground Reservoir* ke *Roof tank* dengan menggunakan prinsip penambahan tekanan melalui pemindahan energi. Pemindahan energi pada pompa berdasarkan pada tekanan kerja yang

diberikan pompa kepada zat cair yang akan dipindahkan. Pemindahan tersebut berdasarkan tekanan kerja yang diberikan oleh pompa tersebut pada zat cair yang dipindahkan. Tekanan kerja yang diberikan oleh pompa akan digunakan untuk:

- a. Mengatasi kerugian pada pompa dan sistemnya
- b. Mengatasi tekanan atmosfer
- c. Mengatasi tekanan kerja pada tempat yang akan dituju zat cair tersebut.

Tekanan pompa sangat bergantung kepada *head* yang dibutuhkan pada kondisi lapangan. Kebutuhan head yang paling berpengaruh diantaranya *head statis* sebagai beda tinggi antar permukaan air, *head friction* sebagai kehilangan tekanan selama pengaliran air, dan *head sisa* tekan sebagai cadangan tekanan minimum yang rencanakan. Berdasarkan rumus Bernaulli untuk menghitung head pompa dapat di lihat di Persamaan 2.12.

$$H_p = H_s + Hf_{total} + H_{Sisa} \quad (2.12)$$

Di mana:

- H_p = Tekanan total pompa (m)
 H_s = Tekanan statis (m)
 Hf_{total} = Kehilangan tekanan pada pipa (m)
 H_{Sisa} = Sisa tekan (m)

2.4. Air Limbah Domestik

Air limbah domestik berasal dari kombinasi limbah cair yang dikeluarkan dari permukiman, institusi, kawasan komersial maupun industri dengan air lainnya. Air lainnya bisa berasal dari air tanah, air permukaan, maupun air hujan. Ketika air limbah domestik tidak diolah dan masuk ke tangki septik dekomposisi bahan organik yang terkandung dapat mengalami masalah tambahan. Masalah tersebut termasuk produksi gas yang berbau tidaksedap.

Air limbah yang tidak diolah mengandung sejumlah mikroba patogen yang dapat tinggal di dalam usus manusia. Air limbah domestik mengandung nutrisi yang menstimulasi pertumbuhan tanaman air dan mengandung senyawa beracun maupun senyawa berpotensi mutagenik dan karsinogenik (Metcalf dan Eddy,2003). Pada prinsipnya sumber air limbah domestik berasal dari daerah permukiman dan komersial.

Sumber penting lainnya meliputi fasilitas institusi dan rekreasi. Pada daerah permukiman debit air limbah ditentukan berdasarkan populasi dan rata-rata kontribusi air limbah per orang.

Sumber air limbah domestik secara spesifik berasal dari aktivitas di kamar mandi, area mencuci, dan dapur. Air limbah dari dapur mengandung residu makanan, minyak dan lemak tinggi, dan termasuk sabun pembersih bahan makanan. Air limbah ini mengandung banyak nutrisi dan padatan tersuspensi. Air limbah kamar mandi mengandung sabun, pencuci rambut, pasta gigi, dan produk pembersih lainnya. Air limbah ini juga mengandung limbah mencukur, lemak (kulit, rambut, dan badan), dan sisa urin dan feses. Pada area mencuci limbah yang dihasilkan mengandung konsentrasi bahan kimia tinggi dari serbuk sabun untuk pencucian, padatan terlarut, dan lemak (Morel dan Diener, 2006).

2.4.1. Parameter Air Limbah Domestik

Parameter kualitas air limbah domestik adalah sebagai berikut:

1. *Total Suspended Solids (TSS)*.

TSS atau jumlah padatan yang terlarut dalam air merupakan hasil dari penyaringan padatan terlarut, yang biasanya bersifat partikel koloid dan pengendapannya dengan gravitasi (Said, 2000).

2. *Biological Oxygen Demand (BOD)*.

BOD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik biodegradable yang ada di dalam air. BOD ditentukan dengan cara mengukur oksigen yang diserap oleh sampel air limbah akibat adanya mikroorganisme selama satu periode waktu tertentu, biasanya 5 hari pada satu temperatur tertentu, umumnya 20°C ($5BOD$). Semakin banyak zat organik yang diuraikan oleh bakteri, maka semakin banyak pula kebutuhan oksigen (Said, 2000).

3. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD adalah jumlah oksigen kimiawi yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik. Nilai COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang dapat

dioksidasi secara ilmiah melalui proses mikrobiologis dan dapat berakibat berkurangnya oksigen di dalam air (Yudo, 2010).

2.4.2. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Karakteristik air limbah pusat perbelanjaan tergantung dari aktivitas dapur dan Mandi Cuci Kakus (MCK) yang cenderung mirip air limbah domestik. Air limbah ini harus diolah dahulu sebelum dibuang ke lingkungan agar memenuhi baku mutu air limbah yang diizinkan. Baku mutu air limbah domestik mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri dan Usaha Lainnya.

Adapun baku mutu air limbah pusat perbelanjaan dimasukkan kategori air limbah domestik pada peraturan tersebut. Parameter-parameter yang perlu diperhatikan meliputi: BOD5, COD, TSS, minyak dan lemak, dan pH dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2. 11 Baku Mutu Air Limbah Domestik [Permukiman (*Real Estate*), Rumah Makan (Restoran), Perkantoran, Perniagaan, Apartemen, Perhotelan dan Asrama]

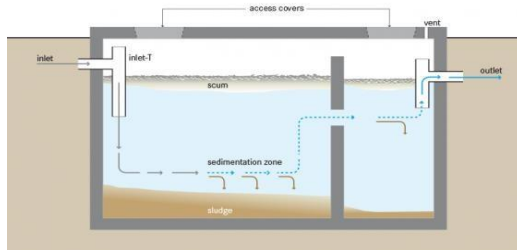
Volume limbah cair maksimum = 120 L/(orang.hari)	
Parameter	Kadar maksimum (mg/l)
BOD5	30
COD	50
TSS	50
Minyak dan	10
pH	6-9

Sumber: Gubernur Jawa Timur (2013)

2.4.3. Tangki Septik

Septic tank atau sering disebut sebagai tangki septik adalah bangunan pengolah dan pengurai kotoran tinja manusia cara setempat (*onsite*) dengan menggunakan bantuan bakteri. Tangki ini dibuat kedap air sehingga air dalam tangki septik tidak

dapat meresap ke dalam tanah dan akan mengalir keluar melalui saluran yang disediakan.



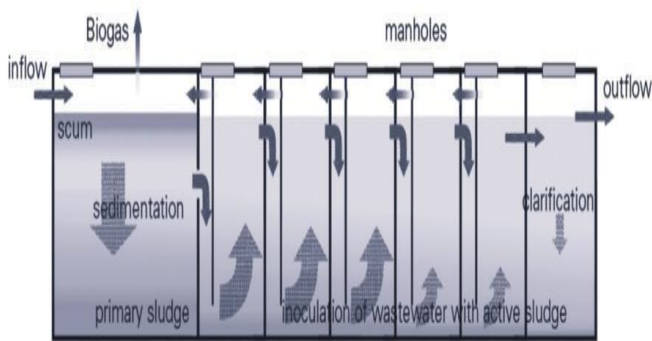
Gambar 2. 4 Contoh Potongan MelintangTangki Septik
(Sumber: Tilley, 2014)

Septic tank (dengan disertai bidang resapan) merupakan salah satu bentuk pengolahan limbah setempat yang umum digunakan di Indonesia dan direkomendasikan sebagai pilihan teknologi yang relatif aman. Kerja bakteri dalam melakukan pengolahan limbah yang memadai dalam tangki septik

sangat bergantung pada pengoperasian dan perawatan yang benar yang dilakukan oleh rumah tangga bersangkutan. Mengingat pentingnya peran bakteri tersebut maka perlu dihindari masuknya bahan-bahan yang berbahaya bagi keberadaan bakteri ke dalam *septic tank*. Bahan-bahan itu di antaranya adalah pemutih pakaian, bahan-bahan kimia, cat, maupun deterjen.

2.4.4. Anaerobic Baffled Reactor

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) adalah Bak Pengendap yang dimodifikasi dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan padatan terlarut dan tidak mengendap (Morel dan Dinier, 2006). ABR dalam skala laboratorium ditemukan sebagai proses pengolahan anaerobik yang efektif oleh Bachmann pada tahun 1983 (Grobicki dan Stuckey, 1991). Proses ini menggunakan serangkaian sekat vertikal untuk memaksa limbah mengalir ke bawah dan melewati sekatnya (Bachmann *et al.*, 1984). Bakteri pada reaktor ini berkembang dan mengendap dengan memproduksi gas pada setiap kompartemen (Boopathy dan Tilche, 1990).



Gambar 2. 5 Penampang Membujur Unit ABR
(Sumber: Sasse et al., 2009)

Anaerobic Baffled Reactor terdiri atas sebuah tangki septik, dan sekat tegak yang terpasang dalam kompartemen dan aliran air bergerak secara naik-turun dari satu kompartemen ke kompartemen lain, dengan cara ini maka air limbah dipertemukan dengan sisa lumpur yang mengandung mikroorganisme yang berfungsi menguraikan polutan dalam kondisi *anaerobic*. Desain *Anaerobic Baffled Reactor* menjamin masa tinggal air limbah yang lebih lama sehinggamenghasilkan pengolahan dengan kualitas tinggi dan kadar lumpur yang dihasilkan rendah (Foxon *et al.*,2004).

Zona pengendapan pada *Anaerobic Baffled Reactor* digunakan untuk mengendapkan padatan yang besar sebelum melewati kompartemen selanjutnya. Antara kompartemen, air mengalir ke bawah disebabkan oleh dinding penyekat atau pipa yang mengarah ke bawah. *Anaerobic Baffled Reactor* terdiri dari kelompok mikroorganisme yang berbeda-beda. Kelompok pertama adalah *acidogenic* bacteria yang menghidrolisis ikatan polimer kompleks menjadi organic acids, alkohol, gula, hidrogen, dan karbon dioksida. Kelompok kedua adalah bakteri yang memproduksi hidrogen dengan mengkonversi hasil fermentasi dari beberapa bagian (hidrolisis dan asidogenesis) menjadi asam asetat dan karbon dioksida. Kelompok ketiga bakteri metanogenesis yang mengkonversi senyawa sederhana seperti

asam asetat, methanol, karbon dioksida, dan hidrogen menjadi metan (Nguyen et al., 2010).

Pencegahan masuknya scum yang terbentuk di aliran *flow-up* dilakukan dengan outlet dari masing-masing tangki diletakkan sedikit dibawah muka air (Sasse et al., 2009). Hal yang paling menguntungkan dari *Anaerobic Baffled Reactor* adalah kemampuan untuk membagi proses asidogenesis dan metanogenesis pada reaktor, yang mana memungkinkan berbagai macam kelompok bakteri berkembang biak pada kondisi favoritnya (Barber, 1999). *Anaerobic Baffled Reactor* ini efektif untuk meremoval material organik dan padatan yang tersuspensi, namun tidak efektif untuk meremoval nitrogen, fosfor, dan bakteri patogen (Angenent, 2001).

Perawatan pada unit *Anaerobic Baffled Reactor* cukup mudah. Tangki ABR diharuskan untuk dicek ketinggian scum dan lumpur agar ABR ini berfungsi dengan baik. Lumpur pada ABR diambil menggunakantangki penghisap, interval pengambilan lumpur dapat diatur sewaktu mendesain ABR. Keunggulan sistem anaerobic ini menghasilkan metana yang mana dapat dibuat sebagai biogas. Produksi biogas pada ABR sekitar 60-70% metana dan 30-40% karbon dioksida. Sisanya berupa gas hidrogen, hidrogen sulfida, ammonia, uap air, dan gas lainnya (Droste, 1997). Biogas yang dihasilkan adalah gas yang dapat digunakan untuk banyak hal. Produk sampingan lain dari *Anaerobic Baffled Reactor* ini adalah lumpur. Beberapa kasus yang pernah ada menginovasi lumpur untuk di resirkulasi, tetapi ini mengurangi efisiensi removal *Anaerobic Baffled Reactor* itu sendiri (Barber, 1999). Perencanaan *Anaerobic Baffled Reactor* ini membutuhkan kriteria desain. Kriteria desain unit ABR dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Aksesoris tambahan dari *Anaerobic Baffled Reactor* ini adalah pipa ven. Pipa ven adalah pipa untuk mengalirkan atau mengeluarkan gas-gas yang dihasilkan dari hasil proses anaerobik. *Branch* adalah pipa horizontal dan *stack* adalah pipa tegak. Pipa ven adalah bagian yang penting dari sistem pembuangan. Tujuan dari pemasangan pipa ven adalah mensirkulasi udara dalam proses pembuangan, menjaga kedalaman air agar sesuai dengan yang direncanakan, dan menjaga sekat perangkap dari efek sifon atau tekanan.

Tabel 2. 12 Kriteria Desain *Anaerobic Baffled Reactor*

No	Parameter	Nilai
1	HRT	> 8 jam
2	Panjang <i>baffle</i>	50 - 60% dari ketinggian
3	<i>Upflow velocity</i>	< 2 m/jam
4	Removal BOD	70 - 95%
5	Removal COD	65 - 90%
6	Organic Loading	< 3 kg COD/m ³ .hari

(Sumber: Tchobanoglous et al., 2003; Sasse, 2009)

2.4.4.1 Perhitungan Dimensi *Anaerobic Baffled Reactor*

Langkah – langkah untuk menghitung dimensi ABR adalah sebagaiberikut:

- 1) Buatlah perhitungan data menggunakan *spread sheet* seperti Tabel 2.13.

Tabel 2. 13 Data Umum Perhitungan Anaerobic Baffled Reactor

General spreadsheet for ABR with integrated settler											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	daily waste-water flow	time of most waste-water flow	max. peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	COD/BOD ratio	settleable SS / COD ratio	lowest digester temperature	de-sludging interval	HRT in settler (no settler HRT=0)	COD removal rate in settler
3	avg.	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
4	m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
5	25	12	2.08	633	333	1.90	0.42	25	18	1.50	23%
6				COD/BOD ₅ ->			0.35-0.45			1.5 h	

(Sumber: Sasse, 2009)

Keterangan:

- $C5 = A5/B5$
Di mana:
C5 = Debit puncak maksimum per jam (m³/jam)
A5 = Debit air limbah harian (m³/hari)
B5 = Lama aliran air limbah (jam)
- $F5 = D5 / E5$
Di mana:
F5 = Rasio COD/BOD
D5 = Beban COD masuk (mg/L)
E5 = Beban BOD masuk (mg/L)

Jika,

$J_5 < 1$, maka $K_5 = G_5 / 0,6 \times (J_5 \times 0,3)$.

$J_5 < 3$, maka $K_5 = G_5 / 0,6 \times ((J_5 - 1) \times 0,1/2 + 0,3)$.

$J_5 < 30$, maka $K_5 = G_5 / 0,6 \times ((J_5 - 30) \times 0,15 / (27 + 0,4))$

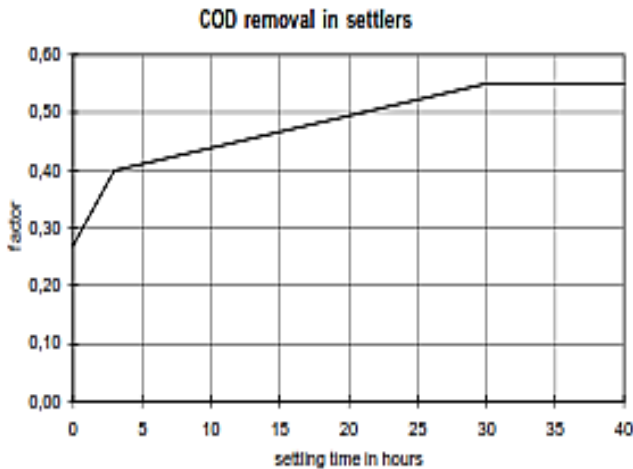
Di luar ketentuan di atas, maka $J_5 = 0,55$.

Di mana:

K_5 = COD removal pada bak pengendap

G_5 = Rasio SS/COD yang terendapkan (0,35 – 0,42)

J_5 = HRT pada bak pengendap (tanpa bak pengendap HRT adalah Otipikal 1,5 jam)



Gambar 2. 6 Grafik Hubungan HRT Dengan COD Removal
(Sumber : sasse , 1998)

Persamaan ini berkaitan dengan grafik pada Gambar 2.7, sedangkan nilai 0,6 didapat dari pengalaman (Sasse, 1998). Gambar 2.7. *COD Removal* Pada Tangki Septik

- 1) Hitunglah data pengolahan seperti pada *spread sheet* Tabel 2.14.

Tabel 2. 14 Data Pengolahan untuk Perhitungan *Anaerobic Baffled Reactor*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
7	treatment data										
8	BOD ₅ removal rate in settler	inflow into baffled reactor		COD/ BOD ₅ ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem. 25%, COD 1500	theor. rem. rate acc. to factors	COD rem. rate baffle only	COD out
9	calcul.	COD	BOD ₅	calcul.	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.
10	%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-temp	f-HRT %	%	%	mg/l
11	24%	489	253	1.94	1.00	0.91	1.00	67	79%	81%	94
12	1.06	<- COD/ BOD removal factor						COD/BOD removal factor ->			1.025

Sumber: Sasse, 2009

Keterangan :

- $A11 = K5 \times A12$
Di mana:
A11 = BOD₅ removal pada bak pengendap
A12 = Faktor COD/BOD removal pada bak pengendap
K5 = COD removal pada bak pengendap, dapat dilihat Tabel 2.8
- $B11 = D5 \times (1 - K5)$
Di mana:
B11 = Beban COD masuk pada ABR (mg/L)
D5 = Beban COD masuk (mg/L), dapat dilihat Tabel 2.8
K5 = COD removal pada bak pengendap, dapat dilihat Tabel 2.8
- $C11 = E5 \times (1 - A11)$
Di mana:
C11 = Beban BOD₅ masuk pada ABR (mg/L)
A11 = BOD₅ removal pada bak pengendap
E5 = Beban BOD masuk (mg/L), dapat dilihat Tabel 2.8
- $D11 = B11 / C11$
Di mana:
D11 = Rasio COD/BPD₅ setelah pengendap

B11 = Beban COD masuk pada ABR (mg/L)

C11 = Beban BOD₅ masuk pada ABR (mg/L)

Jika,

J23 < 8, maka E11 = 1

J23 < 15, maka E11 = $1 - (J23 - 8) \times 0.18 / 7$

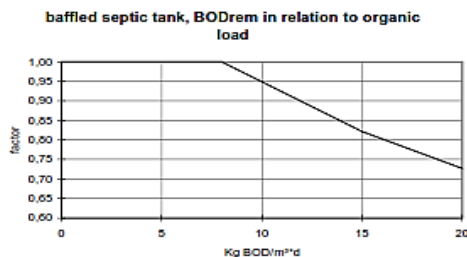
Di luar ketentuan di atas, maka E11 = $0.82 - (J23 - 15) \times 0.9 / 5$

Di mana:

E11 = f-overload (untuk menghitung COD removal di ABR)

J23 = Beban organik dalam BOD₅ (kg/m³.hari), dapat dilihat Tabel 2.11

Persamaan ini berkaitan dengan grafik pada Gambar 2.7



Gambar 2. 7 Hubungan BOD Removal Terhadap Organic Load
(Sumber: Sasse, 1998)

Jika,

C11 = < 150, maka F11 = $C11 \times 0.37150 + 0.4$

C11 = < 300, maka F11 = $(C11 - 150) \times 0.1 / 150 + 0.77$

C11 = < 500, maka F11 = $(C11 - 300) \times 0.08 / 200 + 0.87$

C11 = < 1000, maka F11 = $(C11 - 500) \times 0.1 / 500 + 0.95$

C11 = < 3000, maka F11 = $(C11 - 1000) \times 0.1 / 2000 + 1.05$

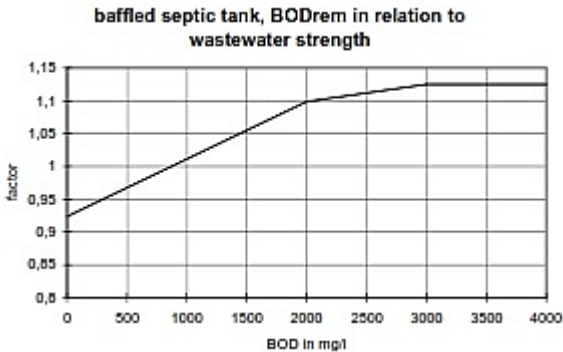
Di luar ketentuan di atas, F11 = 1,15

Di mana:

F11 = f-strength (untuk menghitung COD removal di ABR)

C11 = Beban BOD₅ masuk pada ABR (mg/L)

Persamaan ini berkaitan dengan grafik pada Gambar 2.8



Gambar 2. 8 Hubungan Efisiensi Removal BOD dengan Kualitas Air Limbah pada Anaerobic Baffled Reactor
(Sumber: Sasse, 1998)

Jika,

$$H5 = < 20, \text{ maka } G11 = (H5 - 10) \times 0.39 / 20 + 0.47$$

$$H5 = < 25, \text{ maka } G11 = (H5 - 20) \times 0.14 / 5 + 0.86$$

$$H5 = < 30, \text{ maka } G11 = (H5 - 25) \times 0.08 / 5 + 1$$

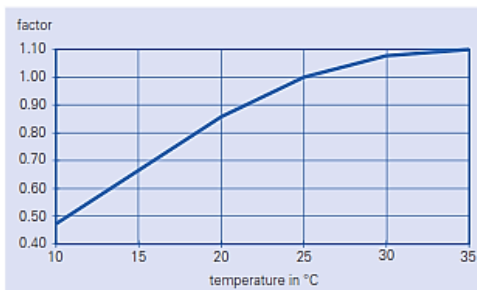
Di luar ketentuan di atas, maka $G11 = 1,1$

Di mana:

$G11$ = f-temperatur (untuk menghitung COD removal di ABR)

$H5$ = Suhu digesti terendah ($^{\circ}\text{C}$), dapat dilihat pada Tabel 2.8

Persamaan ini berkaitan dengan grafik pada Gambar 2.9



Gambar 2. 9 Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Temperatur pada Anaerobic Reactor
(Sumber: Sasse, 2009)

Jika,

$I_{23} < 5$, maka $H_{11} = I_{23} \times 0.51 / 5$

$I_{23} < 10$, maka $H_{11} = (I_{23} - 5) \times 0.31 / 5 + 0.51$

$I_{23} < 20$, maka $H_{11} = (I_{23} - 10) \times 0.13 / 10 + 0.82$

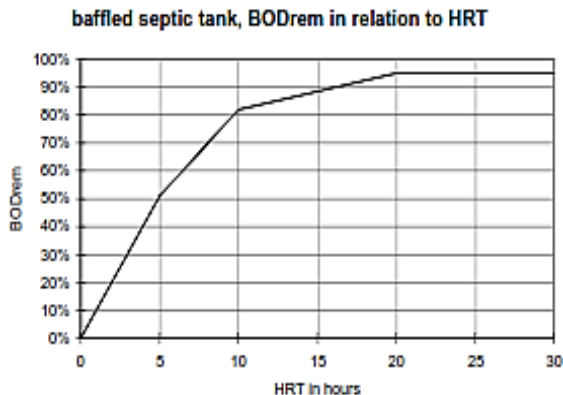
Di luar ketentuan di atas, maka $H_{11} = 0.95$

Di mana:

H_{11} = f-HRT untuk COD removal pada suhu 25°C, COD 1500 mg/L

I_{23} = Total HRT aktual dapat dilihat pada Tabel 2.11

Persamaan ini berkaitan dengan grafik pada Gambar 2.10



Gambar 2. 10 Hubungan Efisiensi Removal BOD dengan Nilai Hydraulic Retention Time pada Anaerobic Baffled Reactor
(Sumber: Sasse, 1998)

- $I_{11} = E_{11} \times F_{11} \times G_{11} \times H_{11}$

Di mana:

E_{11} = f-overload (untuk menghitung COD removal di ABR)

F_{11} = f-strength (untuk menghitung COD removal di ABR)

G_{11} = f-temperatur (untuk menghitung COD removal di ABR)

H_{11} = f-HRT untuk COD removal pada suhu 25°C, COD 1500 mg/L

I_{11} = Akurasi removal teoritis dengan faktor-fakto

Persamaan ini berkaitan dengan grafik pada Gambar 2.11.

Jika:

$$J17 < 7, \text{ maka } J11 = E11 \times F11 \times G11 \times H11 \times (J17 \times 0.04 + 0.82)$$

Di luar ketentuan di atas, maka $J11 = E11 \times F11 \times G11 \times H11 \times 0.98$

Di mana:

$J11$ = COD removal hanya pada baffle (%)

$J17$ = Jumlah ruang *upflow*, dapat dilihat pada Tabel 2.10

Persamaan ini mempertimbangkan pengolahan yang diperbaharui dengan meningkatkan jumlah ruang dan membatasi efisiensi pengobatan sampai 98%.

- $K11 = (1 - J11) \times C11$

Di mana:

$K11$ = Beban COD keluar (mg/L)

$C11$ = Beban BOD_5 masuk pada ABR (mg/L)

$J11$ = COD removal hanya pada baffle (%)

Jika,

$$K5 < 0,5, \text{ maka } A12 = 1,06$$

$$K5 < 0,75, \text{ maka } A12 = (K5 - 0,5) \times 0,065 / 0,25 + 1,06$$

$$K5 < 0,85, \text{ maka } A12 = 1,125 - (K5 - 0,75) \times 0,1 / 0,1$$

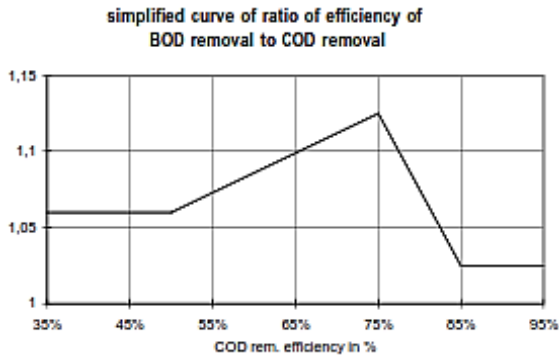
Di luar ketentuan di atas, maka $A12 = 1,025$

Di mana:

$A12$ = Faktor COD/BOD removal pada bak pengendap

$K5$ = COD removal pada bak pengendap, dapat dilihat Tabel 2.8

Persamaan ini berkaitan dengan grafik pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD
(Sumber: Sasse, 1998)

Jika,

$A_{17} < 0,5$, maka $K_{12} = 1,06$

$A_{17} < 0,75$, maka $K_{12} = (A_{17} - 0,5) \times 0,065 / 0,25 + 1,06$

$A_{17} < 0,85$, maka $K_{12} = 1,125 - (A_{17} - 0,75) \times 0,1 / 0,1$

Di luar ketentuan di atas, maka $K_{12} = 1,025$

Di mana:

K_{12} = Faktor COD/BOD removal

$A_{17} = 1 - K_{11}/E_5$, total COD removal (%), dapat dilihat pada Tabel 2.8

Persamaan ini berkaitan dengan grafik pada Gambar 2.12

2) Hitung dimensi bak pengendap dengan membuat *spread sheet* seperti pada Tabel 2.15.

Tabel 2. 15 Data Perhitungan Dimensi Bak Pengendap

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
13	dimensions of settler								ABR		
14	total COD removal rate	total BOD ₅ removal rate	BOD ₅ out	inner masonry measurements chosen acc. to required volume		sludge accum. rate	length of settler	length of settler	max. upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
15	calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
16	%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	No.	m
17	85%	87%	42	2.00	1.50	0.0037	2.39	2.40	1.8	5	1.50
18									1.4-2.0m/h		

Sumber: Sasse, 2009

- $A17 = 1 - K11 / E5$

Di mana:

$A17$ = Total COD removal (%)

$E5$ = Beban COD masuk (mg/L), dapat dilihat Tabel 2.8

$K17$ = Kedalaman di outlet (m)

- $B17 = A17 \times K12$

Di mana:

$B17$ = Total BOD_5 removal

$A17$ = Total COD removal (%)

$K12$ = Faktor COD/BOD removal di ABR, dapat dilihat Tabel 2.9

- $C17 = (1 - B17) \times E5$

Di mana:

$C17$ = Beban BOD_5 (mg/L)

$B17$ = Total BOD_5 removal

$E5$ = Beban BOD_5 masuk (mg/L), dapat dilihat Tabel 2.8

Jika,

$I5 < 36$, maka $F17 = 0,005 \times (1 - I5 \times 0,014)$

$I5 < 120$, maka $F17 = 0,005 \times (0,5 (I5 - 36) \times 0,002)$

Di luar ketentuan di atas, maka $F17 = 0,005 \times 1 / 3$

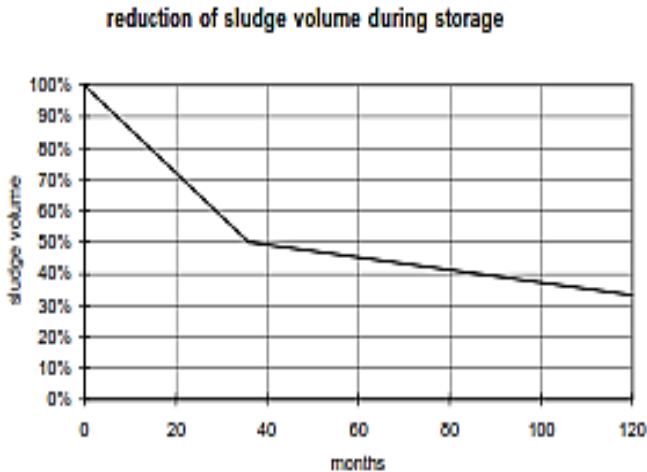
Di mana:

$F17$ = Laju akumulasi lumpur (L/g COD)

$I5$ = Periode pengurasan (bulan), dapat dilihat Tabel 2.8

Persamaan ini berkaitan dengan grafik pada Gambar 2.12

Pada Gambar 2.12 merupakan grafik korelasi persen volume lumpur terhadap masa simpan. Semakin lama masa simpan maka semakin kecil volume lumpur dikarenakan reduksi lumpur menjadi besar. Reduksi lumpur terjadi dikarenakan adanya proses pemampatan selama lumpur menempati *sludge storage*. Selain itu reduksi lumpur terjadi karena adanya proses *endogeneous respiration*.



Gambar 2. 12 Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan
(Sumber: Sasse, 1998)

$$\text{Volume lumpur total} = F17 \times I5$$

Berdasarkan Gambar 2.12, periode pengurasan lumpur kemudian digunakan untuk menentukan jumlah lumpur yang tereduksi (%), sehingga didapatkan volume lumpur tereduksi.

$$G17 = \text{Volume lumpur} / (D17 \times E17)$$

Di mana:

G17 = Panjang kompartemen (m)

D17 = Lebar kompartemen (m)

E17 = Kedalaman kompartemen (m), tipikal kedalaman 1,5 m.

Jika volume lumpur kurang dari setengah voume total, maka pengendap dapat dihilangkan.

- 3) Hitung dimensi *anaerobic baffled reactor* dengan membuat *spread sheet* seperti pada Tabel 2.16

Tabel 2. 16 Data Perhitungan Dimensi Anaerobic Baffled Reactor

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
19	dimensions of ABR							status and gp			
20	length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD ₅)	biogas lacc: CH ₄ 70%; 50% dissolved
21	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
22	m	m	m ²	m	m	m/h	m	m ³	h	kg/m ³ *d	m ³ /d
23	0.75	0.75	1.16	1.54	2.00	1.39	0.25	15.00	14	1.63	3.37
24								HRT reduced by 5% for sludge			

Sumber: Sasse, 2009

- $A_{23} = K_{17} \times 0,5$
Di mana:
 A_{23} = Panjang kompartemen (m)
 K_{17} = Kedalaman di outlet (m), dapat dilihat Tabel 2.10
- $C_{23} = C_5 / I_{17}$
Di mana:
 C_{23} = Luas permukaan (m²)
 C_5 = Debit puncak maksimum per jam (m³/jam), dapat dilihat Tabel 2.8
 I_{17} = Kecepatan *upflow* maksimum (m/jam), dapat dilihat Tabel 2.10
- $D_{23} = C_{23} / B_{23}$
Di mana:
 D_{23} = Lebar kompartemen (m)
 B_{23} = Panjang kompartemen terpilih berdasarkan A_{23} , panjang kompartemen tidak boleh melebihi dari setengah kedalaman (m)
 C_{23} = Luas permukaan satu (m²)
- $F_{23} = C_5 / B_{23} / E_{23}$

Di mana:

F23 = Kecepatan *upflow* aktual (m/jam)

B23 = Panjang kompartemen terpilih berdasarkan A23,
panjang kompartemen tidak boleh melebihi dari
setengah kedalaman (m)

C5 = Debit puncak maksimum per jam (m^3/jam), dapat dilihat
Tabel 2.8

E23 = Lebar kompartemen terpilih berdasarkan D23 (m)

- $H23 = (G23 + B23) \times J17 \times K17 \times E23$

Di mana:

H23 = Volume *baffled reactor* aktual (m^3)

B23 = Panjang kompartemen terpilih berdasarkan A23,
panjang kompartemen tidak boleh melebihi dari
setengah kedalaman (m)

E23 = Lebar kompartemen terpilih berdasarkan D23 (m)

G23 = Lebar shaft/sekat (m)

J17 = Jumlah kompartemen, dapat dilihat Tabel 2.10

K17 = Kedalaman di outlet (m), dapat dilihat Tabel 2.10

- $I23 = H23 / (A5 / 24) / 105\%$

Di mana:

I23 = Total HRT aktual (jam)

A5 = Debit air limbah harian (m^3/hari), dapat dilihat Tabel 2.8

H23 = Volume *baffled reactor* aktual (m^3)

- $J23 = C11 \times C5 \times 24 / H23 / 1000$

Di mana:

J23 = Beban organik dalam BOD_5 ($\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}$)

C5 = Debit puncak maksimum per jam (m^3/jam), dapat dilihat
Tabel 2.8

C11 = Beban BOD_5 masuk ke ABR (mg/L), dapat dilihat Tabel
2.9

H23 = Volume *baffled reactor* aktual (m^3)

- $K23 = (D5 - K11) \times A5 \times 0,35 / 1000 / 0,7 \times 0,5$

Di mana:

K23 = Biogas terproduksi (m^3/hari)

A5 = Debit air limbah harian (m^3/hari), dapat dilihat Tabel 2.8

D5 = Beban COD masuk (mg/L), dapat dilihat Tabel 2.8

K11 = Beban COD keluar (mg/L), dapat dilihat Tabel 2.10

2.5 Penelitian Terdahulu

Pada tugas akhir ini dilakukan beberapa peninjauan hasil penelitian sebelumnya untuk dijadikan sebagai referensi. Penelitian terdahulu. Penelitian terdahulu difokuskan pada kualitas air limbah domestik.

Witanti,Ike (2015) telah menulis bahwa kualitas air limbah domestik *blackwater* memiliki kualitas seperti tabel 2.17 Dan kualitas greywater pada tabel 2.18

Tabel 2. 17 Tabel Kualitas Limbah Domestik *Blackwater*

Parameter	Satuan	Besaran
BODm	g/org.hari	14,75
TSSm	g/org.hari	9,6
CODm	g/org.hari	26,603

Tabel 2. 18 Kualitas Limbah Domestik *Greywater*

Parameter	Satuan	Besaran
COD	g/m3	928
TSS	g/m3	240
BOD	g/m3	464
N	g/m3	6,22
P	g/m3	4,06
oil & grease	g/m3	320

Purwanto,Eko (2008) menulis bahwa air limbah domestik yang dihasilkan oleh rumah susun memiliki kualitas pada tabel 2.19

Tabel 2. 19 Tabel Kualitas Air Limbah Domestik Rumah Susun

Parameter	Satuan	Besaran
BOD	mg/l	195
TSS	mg/l	168
COD	mg/l	400

Andriani,zella (2016) telah menulis bahwa kualitas air limbah domestik *blackwater* memiliki kualitas seperti tabel 2.20 Dan kualitas *greywater* pada tabel 2.21

Tabel 2. 20 Kualitas Limbah Domestik *Greywater*

Parameter	Satuan	Besaran
BOD	mg/l	232
TSS	mg/l	380
COD	mg/l	256

Tabel 2. 21 Kualitas Limbah Domestik *Blackwater*

Parameter	Satuan	Besaran
BOD	mg/l	380
TSS	mg/l	522
COD	mg/l	403

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III

GAMBARAN UMUM

3.1 Lokasi dan Informasi Wilayah Perencanaan

Rumah susun Tanah Merah terletak pada utara Kota Surabaya tepatnya terletak pada Kelurahan Tanah Kali Kedinding kecamatan Kenjeran Kota Surabaya, Jawa Timur. Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya memiliki luas $\pm 6799 \text{ m}^2$ dengan status pengelolaan dibawah naungan Dinas Bangunan dan Tanah Kota Surabaya. Letak rumah susun Tanah Merah dapat dilihat pada gambar 3.1.

Rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya mulai dihuni pada tahun 2009 warga yang menempati rumah susun Tanah Merah pada umumnya merupakan warga yang digusur dari tempat tinggal yang ilegal. Rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya terdiri dari Tanah Merah 1 dan Tanah Merah 2 yang memiliki enam blok. Tanah Merah 1 memiliki 4 lantai dengan total unit ruangan penghuni sebanyak 384 unit. Tanah Merah 2 memiliki 4 lantai dengan total unit ruangan penghuni sebanyak 196 unit. Total ruangan penghuni adalah 580 unit. Rata-rata jumlah penghuni tiap unitnya yaitu 4 orang.



Gambar 3. 1 Letak Rumah Susun Tanah Merah

3.2 Kondisi Eksisting Sistem Plambing dan IPAL

Rumah Susun Tanah Merah memiliki berbagai macam permasalahan sistem plambing salah satunya adalah tidak tersedianya air bersih secara kontinu. Penghuni hanya dapat menyalakan kran air bersih hanya pada jam-jam tertentu saja. pasokan air juga belum sepenuhnya terpenuhi rumah susun tanah merah masih harus mendapat pasokan dari PDAM Kota Surabaya dengan menggunakan truk tanki air.



Gambar 3. 2 Truk PDAM Pemasok Air Bersih

Pada Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa Rumah susun tanah merah masih kekurangan pasokan air terlihat truk tanki air sedang memasok air bersih.

Konsisi eksisting pengolahan air limbah pada rumah susun Tanah Merah yaitu hanya memiliki unit tanki septik. Untuk limbah domestik grey water tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu air dari rumah susun tersebut disalurkan langsung menuju sungai yang ada di samping rumah susun. Pada pengolahan air limbah rumah susun Tanah Merah Surabaya terdapat beberapa permasalahan yaitu kebocoran pipa ,meluapnya tanki septik, dan tersumbatnya saluran pembuangan menuju sungai. Hal ini menyebabkan ketidaknyaman penghuni rumah susun. Gambar

permasalahn yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 3.3, Gambar 3.4 dan Gambar 3.5



Gambar 3. 3 Meluapnya Tanki *Septic*



Gambar 3. 4 Kebocoran Pipa



Gambar 3. 5 Tersumbatnya Saluran
Pembuangan

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IV

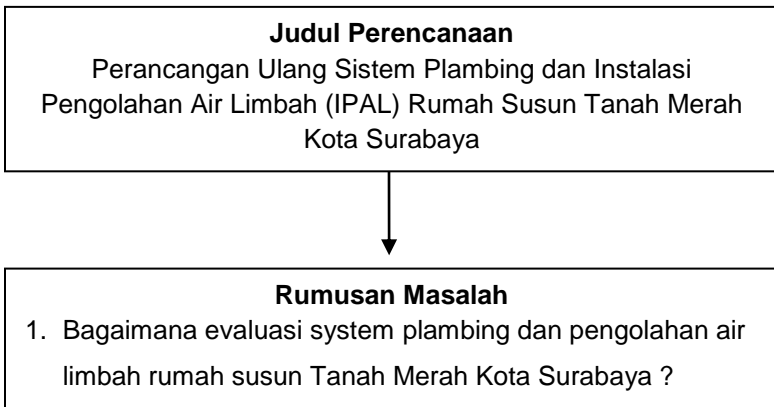
METODE PERENCANAAN

4.1. Umum

Metode perencanaan berisi tentang cara dan acuan kerja yang nantinya akan diaplikasikan saat pelaksanaan tugas akhir. Metode ini mencakup seluruh kegiatan dan tahapan yang akan dilaksanakan mulai dari awal hingga akhir perencanaan seperti ide perencanaan, identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, evaluasi sistem plambing dan pengolahan air limbah, perancangan ulang sistem plambing dan instalasi pengolahan air limbah, pembuatan laporan serta kesimpulan dan saran. Dengan adanya metode ini diharapkan dapat menghasilkan perencanaan yang baik dan sistematis.

4.2. Tahapan Perencanaan

Metode perencanaan perlu disusun sebagai pedoman dalam menjalankan perencanaan dari ide perencanaan sampai mencapai tujuan yang diinginkan. Tahapan ini nantinya sebagai alur perencanaan yang akan dilakukan agar mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Tahapan ini dapat dilihat pada skema dibawah ini.



Rumusan Masalah

2. Bagaimana perancangan ulang sistem plambing dan perancangan instalasi pengolahan air limbah rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya ?
3. Berapa RAB pembangunan perancangan ?



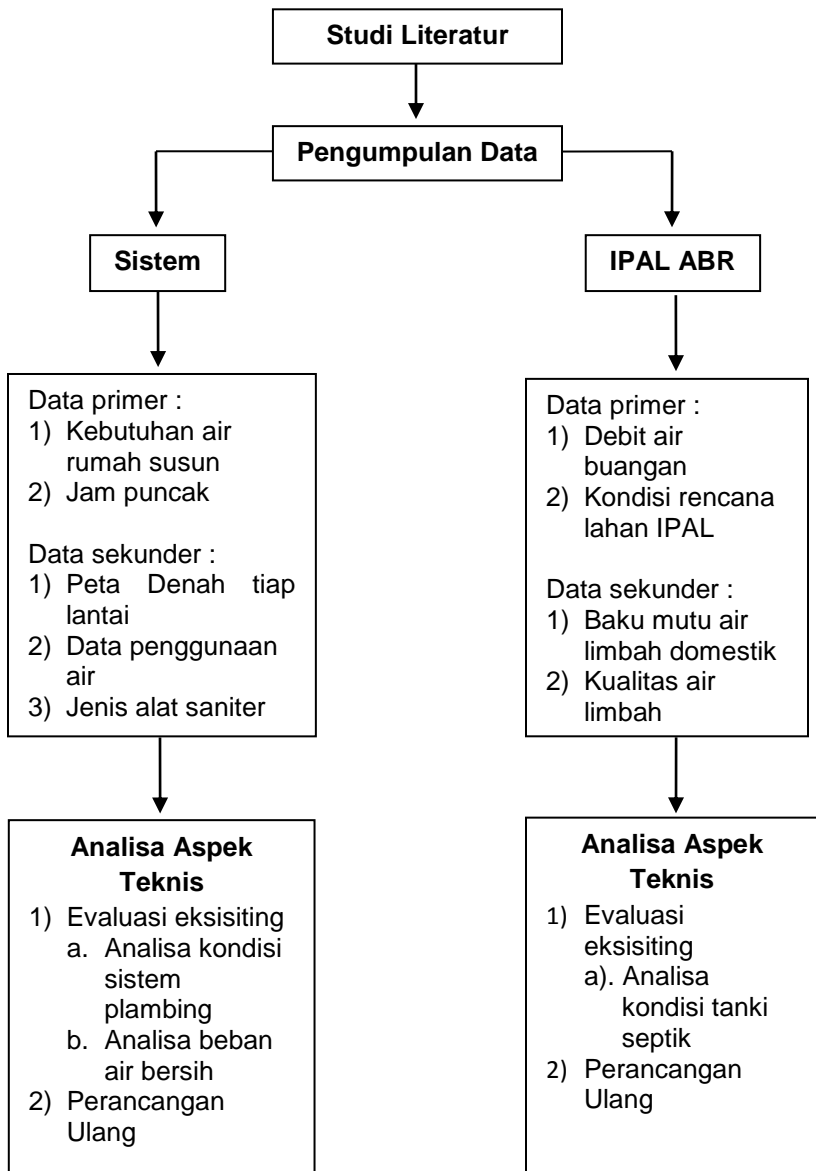
Tujuan

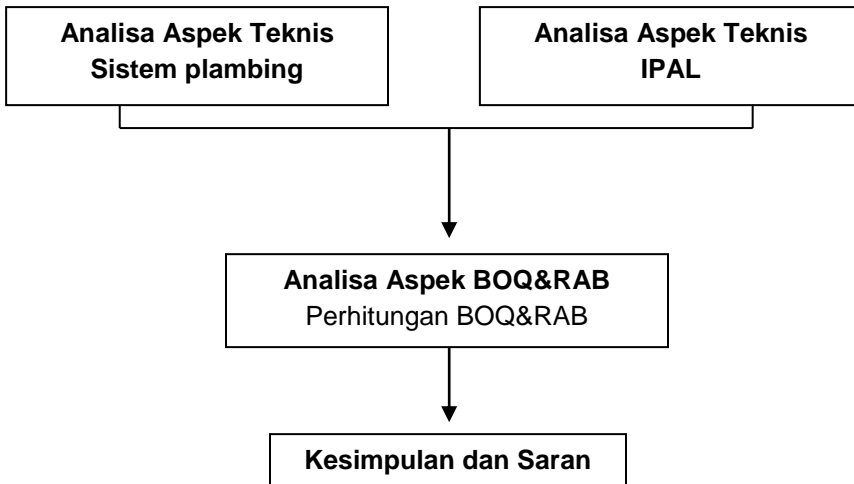
1. Mengevaluasi system plambing dan pengolahan air limbah pada Rumah susun Tanah Merah
2. Mendesain ulang system plambing dan merancang instalasi pengolahan air limbah (IPAL) rumah susun Tanah Merah kota Surabaya
3. Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB).



Studi Literatur

- 1) Konsep perancangan sistem plambing.
- 2) SNI tata cara perencanaan sistem plambing.
- 3) Karakteristik, baku mutu, kualitas serta kuantitas limbah domestik rumah susun.
- 4) Teori proses anaerobik *attached growth* dan *suspended growth* pada pengolahan air limbah domestik.
- 5) Unit Instalasi Pengolahan Air limbah *anaerobic baffled reactor* (ABR)





4.3. Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan berfungsi untuk memudahkan dalam berfikir dan melakukan perencanaan sesuai dengan tahapan yang telah dibuat. Dengan demikian diharapkan dapat menghasilkan perencanaan yang baik dan terintegrasi. Dalam kerangka perencanaan terdapat beberapa tahapan perencanaan, diantaranya :

1. Ide Perencanaan.

Ide perencanaan berasal dari masalah serta kondisi eksisting yang ada dari suatu objek adalah "Perancangan Ulang Sistem Plambing dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya". Ide tersebut muncul karena dilatar belakangi oleh terjadinya banyaknya masalah sistem plambing dan pengolahan air limbah rumah susun Tanah Merah seperti tidak terpenuhinya kebutuhan air bersih secara kontinu, terjadi kemampetan pada pipa pembuangan, meluapnya tanki septik. Dengan adanya perencanaan ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan sistem plambing dan pengolahan air limbah di rumah susun Tanah Merah sehingga menmbah tingkat kenyamanan penghuni rusun.

2. Rumusan Masalah.

Sebelum dilakukan perencanaan maka perlu dirumuskan permasalahannya terlebih dahulu. Permasalahan tersebut nantinya akan dijawab dengan solusi yang tepat yang dirumuskan dalam tujuan perencanaan. Adapun rumusan masalah pada perencanaan ini adalah :

- a. Bagaimana evaluasi system plambing dan pengolahan air limbah rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya ?
- b. Bagaimana perancangan ulang sistem plambing dan perancangan instalasi pengolahan air limbah rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya ?
- c. Berapa RAB pembangunan perancangan ?

3. Studi Literatur.

Studi literatur merupakan teori yang menjadi dasar dan dapat mendukung perencanaan yang akan dilakukan. Sumber yang digunakan dalam studi literatur dapat diperoleh dari buku, jurnal, makalah seminar, skripsi, thesis dan sumber lainnya yang isinya dapat dipertanggungjawabkan. Dalam perencanaan ini literature yang dikaji meliputi sistem plambing dan instalasi pengolahan air limbah dengan menggunakan *aerated baffle reactor*. Beberapa poin yang akan dipelajari di dalam literature adalah :

- a. Konsep perancangan sistem plambing.
- b. SNI tata cara perencanaan sistem plambing.
- c. Karakteristik, baku mutu, kualitas serta kuantitas limbah domestik rumah susun.
- d. Teori proses anaerobik *attached growth* dan *suspended growth* pada pengolahan air limbah domestik.
- e. Kriteria desain dan perhitungan dimensi Unit Instalasi Pengolahan Air limbah *anaerobic baffled reactor* (ABR).
- f. Perhitungan unit pelengkap seperti pompa dan reservoir.

4. Pengumpulan Data.

Data yang digunakan dalam perencanaan meliputi data primer dan data sekunder. Adapun data primer yang digunakan untuk analisa teknis sistem plambing adalah sebagai berikut :

- a. Kebutuhan air rumah susun.

Diperoleh dengan cara menghitung jumlah penghuni rusun untuk memprakirakan kebutuhan air yang dibutuhkan rumah susun tersebut.

b. Faktor jam puncak.

Faktor jam puncak diperoleh dengan cara survei menggunakan kuisioner *real deman survey* kepada penghuni.

c. Debit air buangan.

Debit air buangan diperoleh dengan mengasumsikan dengan 80 % pemakaian air bersih.

d. Kondisi rencana lahan IPAL dan lokasi perencanaan data ini bisa didapatkan melalui wawancara dan pengukuran terhadap lahan. Selain itu dilakukan dengan cara pengukuran menggunakan GPS.

Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan adalah :

a. Peta denah tiap lantai.

Peta denah tiap lantai dari rumah susun diperoleh dari Dinas Pengelolaan Bangunan dan Tanah Kota Surabaya.

b. Data penggunaan air.

Data ini didapatkan dari PDAM melalui situs online suryasembada.com

c. Jenis alat saniter dan harga satuan.

Data ini didapatkan dari data supplier alat saniter/toko bangunan.

d. HSPK Surabaya untuk perhitungan konstruksi sistem plambing dan IPAL.

e. SNI harga satuan kerja untuk perhitungan konstruksi sistem plambing dan IPAL

f. Baku mutu air limbah domestik.

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013

5. Analisis Data dan Pembahasan.

Data yang telah dikumpulkan kemudian di analisa dan dilakukan pembahasan dalam tugas akhir ini meliputi dua aspek yaitu aspek teknis dan aspek BOQ&RAB. Berikut merupakan analisa data dan pengolahan yang dilakukan :

1) Evaluasi Eksisting.

- A. Menganalisis kondisi sistem plambing dan IPAL/tanki septik eksisting. Analisa beban air bersih dan air limbah terhadap alat plambing dan IPAL eksisting.
- B. Memetakan alat plambing setiap lantai dan posisi IPAL/tanki septik.

2) Perancangan ulang system plambing dan IPAL

- A. Perencanaan Ulang system plambing
 - a. Membuat, menyebarkan, dan menganalisis untuk mengetahui jam puncak data analisa jam puncak yang berupa kuisioner diolah untuk mendapatkan penentuan pada pukul berapa aktivitas maksimum penghuni rusun.
 - b. Perhitungan dimensi unit plambing setiap lantai yang mmencakup pipa air bersih, pipa air limbah dan ven.
 - c. Perhitungan unit pelengkap seperti *Ground Reservoir*, *Roof tank*, dan pompa.
 - d. Penggambaran DED plambing
- B. Perancangan ulang IPAL ABR pengganti tanki septik
 - a. Perhitungan debit air limbah dari pemakaian air bersih
 - b. Penentuan karakteristik air limbah dari studi terdahulu
 - c. Penentuan criteria perencanaan ABR dari sasse
 - d. Perhitungan dimensi ABR
 - e. Penggambaran DED IPAL
- C. Perhitungan BOQ & RAB sitem plambing dan IPAL.
 - a. Perhitungan BOQ & RAB sistem plambing berdasarkan SNI harga satuan dan HSPK
 - b. Perhitungan BOQ & RAB IPAL ABR berdasarkan SNI harga satuan dan HSPK

6. Pembuatan Laporan

Merupakan penyusuna hasil perencanaan sesuai dengan studi literatur dan data yang diperoleh, mulai dari awal hingga akhir perencanaan.

7. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan adalah jawaban atas tujuan yang ingin dicapai dan hasil perencanaan yang dibuat. Sedangkan saran merupakan masukan yang dapat membangun dan menyempurnakan tugas akhir yang telah dibuat.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V

PEMBAHASAN DAN HASIL

5.1. Survei Kepuasan dan Penggunaan Air

Survei yang dilakukan berupa penyebaran kuisioner yang diberikan kepada penghuni Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya serta melakukan observasi pola penggunaan air.

5.1.1. Hasil Survei Kepuasan Penghuni

Hal pertama sebelum melakukan survei menggunakan kuisioner adalah menentukan jumlah sampel. Jumlah sampel dapat dilakukan dengan cara perhitungan statistik dengan menggunakan rumus Slovin. Rumus Slovin digunakan untuk menentukan ukuran sampel dari populasi yang telah diketahui jumlahnya. Rumus Slovin adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{N(e)^2 + 1}$$

Di mana :

n = Jumlah sampel

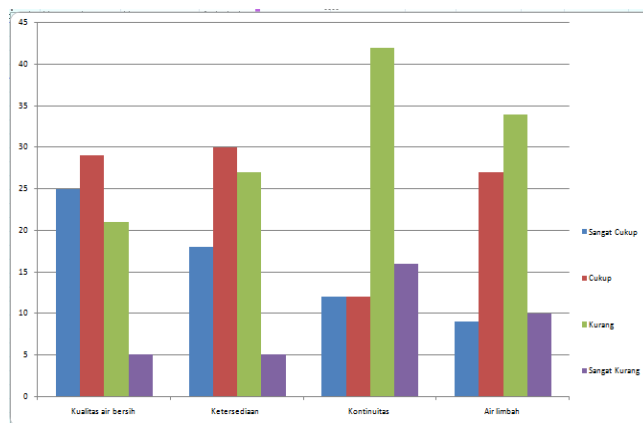
N = Jumlah populasi

e = batas toleransi kesalahan

Maka, jumlah sampel yang harus disurvei dengan batas toleransi kesalahan sebesar 10% adalah

$$\begin{aligned} n &= \frac{390}{390(0.1)^2 + 1} \\ &= 79.5 \sim 80 \text{ orang} \end{aligned}$$

Dari 80 orang tersebut, dilakukan survei dengan pembagian Tanah Merah I 40 responden dan Tanah Merah II 40 responden. Dari 40 responden dibagi rata tiap lantainya. Hasil survei kepuasan dapat dilihat pada Gambar 5.1.



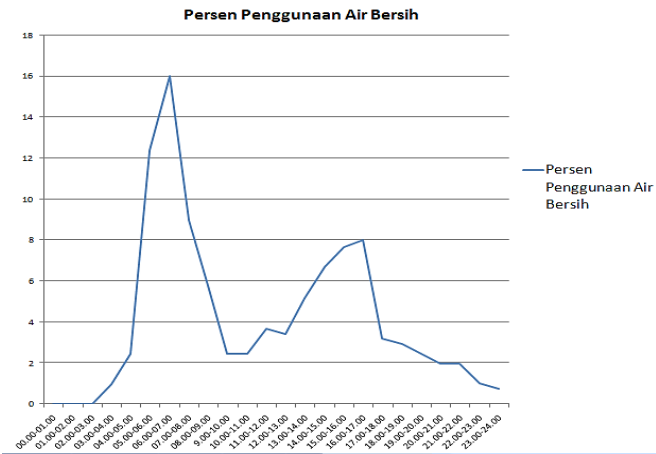
Gambar 5. 1 Hasil Kepuasan Penghuni

Dari Gambar 5.1 tersebut dapat dilihat bahwa banyak penghuni yang merasa tidak puas terhadap utilitas yang ada pada Rumah Susun Tanah Merah Surabaya, ketidakpuasan terutama terjadi pada kontinuitas air bersih dan pengelolaan air limbah. Kondisi eksisting yang terjadi yaitu keluhan terhadap penyediaan air bersih yang tidak kontinu dan untuk pengelolaan air limbah yaitu tanki septic meluber sehingga menimbulkan bau yang menyengat. Sehingga perlu dilakukan perancangan ulang sistem plambing dan sistem pengelolaan air limbah agar penghuni yang berada di Rumah Susun Tanah Merah merasakan sangat puas terhadap utilitas yang ada, seperti perpipaian air bersih, air buangan, *fire hydrant*, dan pengolahan air limbah.

5.1.2. Hasil Survei Pola Penggunaan Air

Data yang diolah dari hasil survey yaitu waktu dan jumlah penggunaan air bersih untuk Aktivitas penggunaan air seperti memasak, mandi, cuci pakaian dan kebutuhan lainnya. Setelah memperoleh volume air yang dibutuhkan untuk aktivitas tersebut diperoleh persen penggunaan tiap jam. Dari hasil survey penghuni Rumah Susun Tanah Merah lebih banyak menggunakan air waktu pagi hari pada pukul 06.00-07.00, dikarenakan penghuni rata rata bekerja pada pagi hari sehingga aktivitas penggunaan air tinggi pada saat jam tersebut sedangkan

waktu sore hari pada pukul 16.00-17.00 yang dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5. 2 Pola Pemakaian Air Tiap Jam

Tabel 5. 1 Persen Pemakaian Air Tiap Jam

No	Waktu	Persen Pemakaian (%)
1	00.00-01.00	0.0
2	01.00-02.00	0.0
3	02.00-03.00	0.0
4	03.00-04.00	0.9
5	04.00-05.00	2.4
6	05.00-06.00	12.4
7	06.00-07.00	16.0
8	07.00-08.00	8.9
9	08.00-09.00	5.8

No	Waktu	Persen Pemakaian (%)
10	9.00-10.00	2.4
11	10.00-11.00	2.4
12	11.00-12.00	3.7
13	12.00-13.00	3.4
14	13.00-14.00	5.2
15	14.00-15.00	6.7
16	15.00-16.00	7.6
17	16.00-17.00	8.0
18	17.00-18.00	3.2
19	18.00-19.00	2.9
20	19.00-20.00	2.4
21	20.00-21.00	2.0
22	21.00-22.00	2.0
23	22.00-23.00	1.0
24	23.00-24.00	0.7

Sumber : Kuisisioner

Pola pemakaian air penghuni Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya digunakan untuk merencanakan sistem plambing dan sistem pengolahan air limbah. Data fluktuasi pemakain air nantinya digunakan untuk mendesain bak ekulaisasi.

5.2. Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih diperoleh dengan mengakses *website* PDAM Kota Surabaya. Tanah Merah I dan Tanah merah II memiliki 3 rekening PDAM. Setelah mengetahui rata rata

pemakaian air penghuni rumah susun langkah selanjutnya yaitu memproyeksikan kebutuhan air selama 10 tahun kedepan. Proyeksi dilakukan dengan mengacu pada laju pertumbuhan indeks kemampuan membayar masyarakat kota Surabaya. Dengan asumsi penggunaan air akan meningkat seiring dengan peningkatan laju pertumbuhan pendapatan perkapita. Proyeksi dilakukan agar nantinya design yang direncanakan dapat berfungsi dengan baik setelah berjalannya waktu. Penggunaan air PDAM tiap rekening dapat dilihat pada Tabel 5.2, Tabel 5.3, dan Tabel 5.4.

Tabel 5. 2 Penggunaan Air PDAM Rekening 1

BULAN	TAHUN	M3
Agustus	2017	3488
Juli	2017	3086
Juni	2017	2700
Mei	2017	2700
April	2017	2700
Maret	2017	2700
Februari	2017	2700
Januari	2017	10
Desember	2016	3375
November	2016	3675
Oktober	2016	3672
September	2016	2884
Agustus	2016	3000
Rata-rata penggunaan/bulan		2822.307692

Sumber : <http://info.pdam-sby.go.id/aplikasi/rekening/>

Tabel 5. 3 Penggunaan Air PDAM Rekening 2

BULAN	TAHUN	M3
Agustus	2017	1400
Juli	2017	1400
Juni	2017	1400
Mei	2017	1400
April	2017	1400
Maret	2017	1400
Februari	2017	1400
Januari	2017	1400
Desember	2016	1400
November	2016	1400
Oktober	2016	1400
September	2016	1429
Agustus	2016	2513

Rata-rata penggunaan/bulan 1487.846154

Sumber : <http://info.pdam-sby.go.id/aplikasi/rekening/>

Tabel 5. 4 Penggunaan Air PDAM Rekening 3

BULAN	TAHUN	M3
Agustus	2017	2308
Juli	2017	1222
Juni	2017	2000
Mei	2017	2631
April	2017	10
Maret	2017	10
Februari	2017	10
Januari	2017	10

Rata-rata penggunaan/bulan 1025.125

Sumber : <http://info.pdam-sby.go.id/aplikasi/rekening/>

Dari ketiga rekening air PDAM Rumah Susun Tanah Merah dapat diperoleh kebutuhan setiap orang per harinya. Sehingga perhitungan kebutuhan air adalah:

- Rata-rata volume pemakaian air per bulan:

$$= 2822,3 + 1487,84 + 1025,125$$

$$= 5335,28 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

- Pemakaian air per unit per hari:

$$= \frac{5335,28 \text{ m}^3/\text{bulan}}{390 \text{ unit} \times 30 \text{ hari}}$$

$$= 0,456 \text{ m}^3/\text{unit/hari}$$

- Pemakaian air per orang :

$$= \frac{5335,28}{1192 \times 30 \text{ hari}}$$

$$= 0,149 \text{ m}^3/\text{orang/hari}$$

$$= 149 \text{ L/orang/hari}$$

Setelah didapatkan pemakaian air rata-rata per orang, maka di hitung pemakaian. Kebutuhan air di proyeksikan selama 10 tahun dengan mengacu laju pertumbuhan indeks kemampuan membayar masyarakat kota surabaya. Berikut merupakan tabel laju pertumbuhan indeks kemampuan membayar masyarakat kota surabaya.

Tabel 5. 5 Laju Pertumbuhan Indeks Kemampuan Membayar Masyarakat Kota Surabaya

Tahun	2009	2010	2011	2012	2013
Pendapatan Perkapita Kota Surabaya(000 Rp.)	57218.71	64160.71	71415.66	79125.49	97338.7
Laju Pertumbuhan (%)		12	11	10	23
Rata-rata (%)			14		

Laju pertumbuhan perkapita Kota Surabaya memiliki nilai sebesar 14%. Dengan mempertimbangkan hal tersebut kebutuhan air diperkirakan juga akan mengalami kenaikan. Diasumsikan bahwa peningkatan penggunaan air memiliki laju 10% dari laju pertumbuhan pendapatan perkapita Kota Surabaya sehingga diperoleh angka laju pertumbuhan kebutuhan air sebesar 1.4

%. Dengan metode geometrik sehingga berikut hasil perhitungan proyeksi selama 10 tahun :

$$\begin{aligned} Q_{\text{proyeksi}} &= Q_{\text{awal}} (1+R)^n \\ &= 149 (1 + 0.014)^{10} \\ &= 171.1 \text{ L/orang/hari} \\ &= 172 \text{ L/orang/hari} \end{aligned}$$

Nilai kebutuhan air tersebut masuk dalam *range* standar kebutuhan air yang dikeluarkan oleh PU yaitu kebutuhan air untuk kota metropolitn sebesar 150 – 210 L/orang/hari.

5.2.1. Proyeksi Penghuni Rumah Susun

Proyeksi dilakukan dengan mengacu pada laju pertumbuhan penduduk kecamatan Kenjeran dilakukan perhitungan proyeksi penduduk dengan metode geometri. Berikut merupakan tabel laju pertumbuhan penduduk kecamatan Kenjeran.

Tabel 5. 6 Laju Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Kenjeran

Tahun	1980-1990	1990-2000	2000-2010
Laju Pertumbuhan per 10 Tahun (%)	7.3	4.57	4.61
Laju Pertumbuhan Tiap Tahun(%)	0.73	0.457	0.461
Rata rata Tiap Tahun(%)	0.549333333		

Dari tabel diatas di hitung proyeksi penghuni rumah susun Tanah Merah I dan Tanah Merah II.

$$P_n = P_0 (1+R)^n$$

Di mana :

P_n = Penghuni Hasil proyeksi

P_0 = penghuni awal

R = Laju Pertumbuhan

n = Periode proyeksi

- Tanah merah I.

$$P_{10} = 653 + (1 + 0.005493)^{10}$$

$$P_{10} = 689 \text{ orang}$$

- Tanah merah II.

$$P_{10} = 539(1+0.005493)^{10}$$

$$P_{10} = 569 \text{ orang}$$

Total penghuni Tanah Merah I dan Tanah Merah II proyeksi pada tahun ke 10 adalah sebagai berikut :

$$\text{Total} = 569 \text{ Orang} + 689 \text{ Orang}$$

$$= 1258 \text{ Orang}$$

5.3. Kondisi Eksisting sistem *fire hydrant*

Rumah Susun Tanah Merah I dan Tanah Merah II telah memiliki sistem *fire hydrant*. Instalasi hydrant pada Rumah Susun Tanah merah I dan II terdiri dari instalasi hydrant dalam gedung dan instalasi hydrant luar gedung. Berikut merupakan Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 yang berisi jumlah unit hydrant yang ada pada Tanah Merah I dan II.

Tabel 5. 7 Sistem *Fire Hydrant* Dalam Gedung

	Instalasi Hydrant Dalam gedung		
	No		Jumlah
TM I	1	Box Hydrant (Fire Hose Reel)	10
	2	Portable Fire Exstinguiser	10
TM II	1	Box Hydrant (Fire Hose Reel)	10
	2	Portable Fire Exstinguiser	10

Tabel 5. 8 Sistem *Fire Hydrant* Luar Gedung

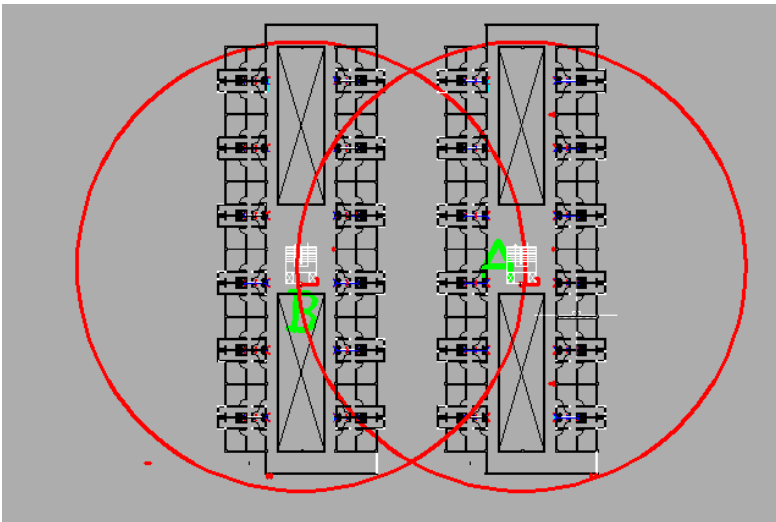
	Instalasi Hydrant Luar Gedung		
	No		Jumlah
TM I	1	<i>Outdoor Box Hydrant</i>	2
	2	<i>Pillar Hydrant</i>	2
	3	<i>Siamesse Connection</i>	1
TM II	1	<i>Outdoor Box Hydrant</i>	2
	2	<i>Pillar Hydrant</i>	2
	3	<i>Siamesse Connection</i>	1

5.3.1. Evaluasi Sistem *Fire Hydrant*

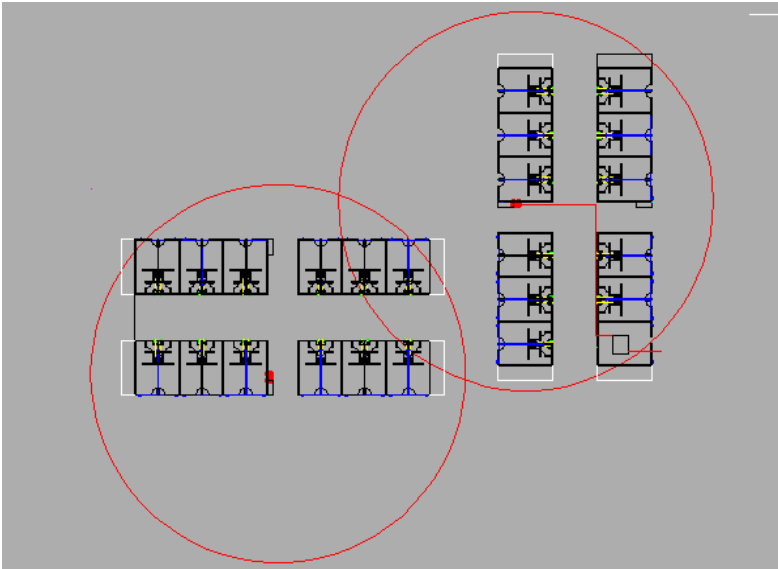
Sistem *fire hydrant* di bagi menjadi dua yaitu hydrant dalam gedung dan hydrant luar gedung (halaman). Dalam evaluasi sistem *fire hydrant* pada Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya mengacu pada SNI 03-1735-2000.

5.3.1.1. Evaluasi Sistem *Fire hydrant* dalam Gedung

Sistem *fire hydrant* dalam gedung terdiri dari box hydrant (fire hose reel) dan portable fire extinguisher. Menurut SNI 03-1735-2000 jarak peletakan box hydrant berjarak 35 meter - 38 meter, dan diletakan di tempat yang mudah diakses oleh penghuni gedung berikut Gambar 5.4 merupakan peletakan box hydrant eksisting Rumah Susun Tanah Merah I dan II. Berikut merupakan Gambar 5.3 peletakan box hydrant dalam gedung Tanah Merah I.



Gambar 5. 3 Peletakan Box Hydrant dalam Gedung Tanah Merah I



Gambar 5. 4 Peletakan Box Hydrant dalam Gedung Tanah Merah II
Menurut gambar denah peletakan Box Hydrant (Fire Hose Reel) dan Portable Fire Extinguisher (Rumah Susun Tanah Merah I dan II) sudah sesuai dengan SNI 03-1735-2000.

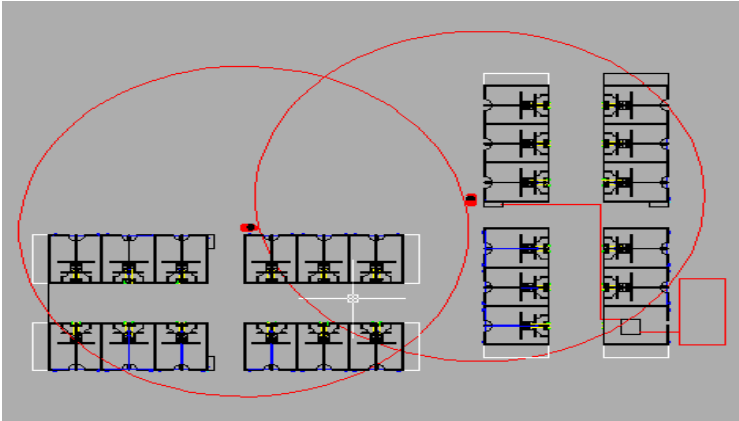
5.3.1.2. Evaluasi Sistem *Fire hydrant* Luar Gedung

Sistem *fire hydrant* luar gedung Rumah Susun Tanah Merah terdiri dari *outdoor box hydrant*, *pillar hydrant*, dan *siamese connection* adapun persyaratan perencanaan sistem *fire hydrant* menurut SNI 03-1735-2000 yaitu :

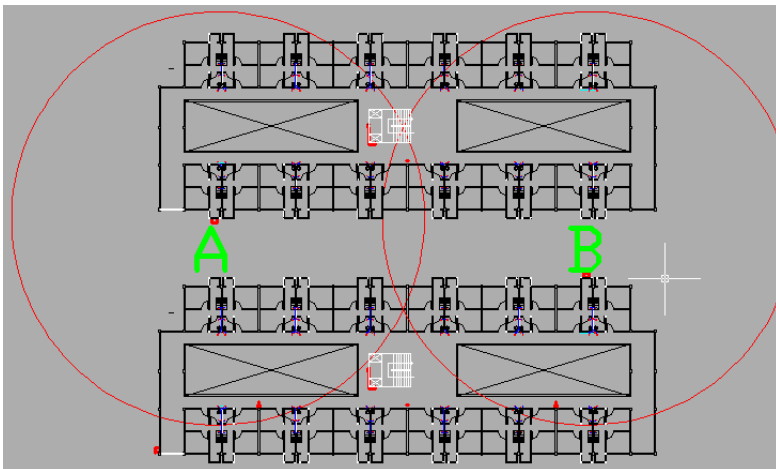
- Tiap bagian dari jalur akses mobil pemadam di lahan bangunan harus dalam jarak bebas hambatan 50 m dari hydrant kota. Bila hydrant kota yang memenuhi persyaratan tersebut tidak tersedia, maka harus disediakan hydrant halaman.
- Dalam situasi di mana diperlukan lebih dari satu hydrant halaman, maka hydrant-hydrant tersebut harus diletakkan sepanjang jalur akses mobil pemadam.

- *Hydrant* halaman ditempatkan di luar bangunan pada lokasi yang aman dari api dan penyaluran pasokan air ke dalam bangunan dilakukan melalui katup siamese.

Berikut merupakan gambar 5.5 Dan Gambar 5.6 peletakan *outdoor box hydrant*, *pillar hydrant*, dan *siamese connection* Rumah Susun Tanah Merah I dan II.



Gambar 5. 5 Peletakan Box Hydran Luar Gedung Tanah Merah I



Gambar 5. 6 Peletakan Box Hydran Luar Gedung Tanah Merah II

Menurut gambar denah peletakan dari *outdoor box hydrant*, *pillar hydrant*, dan *siamesse connection* (Rumah Susun Tanah Merah I dan II) sudah sesuai dengan SNI 03-1735-2000.

5.3.1.3. Evaluasi Dimensi Perpipaan *Fire hydrant*

Contoh perhitungan dimensi pipa *fire hydrant* adalah sebagai berikut:

1. Pipa distribusi tiap lantai

Jalur :

$$\begin{aligned}
 \text{Debit fire hose reel} &= 400 \text{ Liter/menit} \sim 6.67 \text{ L/s} \\
 C &= 120 \\
 L \text{ (m)} &= 17 \text{ m} \\
 H_f &= 0.25 \text{ m} \\
 H_f &= \left(\frac{Q}{0.00155 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L \\
 0.25 \text{ m} &= \left(\frac{6.67 \text{ Liter/detik}}{0.00155 \times 120 \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times 14 \text{ m} \\
 D &= 9.26 \text{ cm} \sim 3.6 \text{ inci} \\
 &(\text{Diameter pasaran 4 inci})
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diameter pipa Sistem Fire hydrant Rumah Susun Tanah Merah I dan II sudah sesuai dengan perhitungan.

5.3.1.4. Kebutuhan Air Sistem *Fire Hydrant*

Kebutuhan air untuk *fire hydrant* ditetapkan berdasarkan jumlah dan jenis alat *fire hydrant*. Berikut perhitungannya:

1. Box Hydrant dalam gedung (Tanah Merah I dan II)

$$\begin{aligned}
 Q &= 400 \text{ Liter/menit} \\
 t &= 15 \text{ menit} \\
 n &= 20 \text{ buah} \\
 V &= Q \times t \times n \\
 V &= 400 \text{ Liter/menit} \times 15 \text{ menit} \times 20 \text{ buah} \\
 &= 120000 \text{ Liter} \\
 &= 120 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2. Pillar Hydrant luar gedung

$$\begin{aligned}
 Q &= 800 \text{ Liter/menit} \\
 t &= 30 \text{ menit} \\
 n &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= Q \times t \times n \\
 V &= 800 \text{ Liter/menit} \times 30 \text{ menit} \times 4 \text{ buah} \\
 &= 96000 \text{ Liter} \\
 &= 96 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

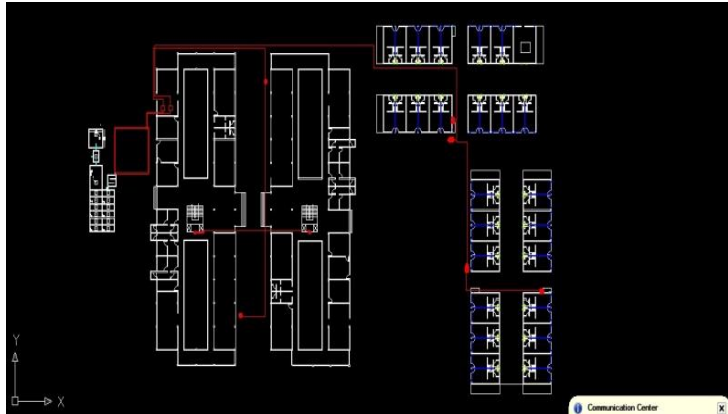
Maka kebutuhan air untuk *fire hydrant* adalah sebesar
 $= 120 \text{ m}^3 + 96 \text{ m}^3 = 216 \text{ m}^3$

5.4. Rancangan Baru Sistem Fire Hydrant

Dari evaluasi yang dilakukan maka ada beberapa perubahan pada sistem fire hydrant Rumah Susun Tanah Merah I dan II. Karena peletakan unit hydrant pada Rumah Susun Tanah Merah I dan II sudah sesuai dengan SNI 03-1735-2000 maka perubahan hanya dilakukan pada sumber air yang di gunakan. Pada sistem fire hydrant sebelumnya air yang digunakan untuk pemadaman berupa air dari ground reservoir air bersih namun pada perencanaan baru sumber air didapat dari pemanfaatan effluent dari ABR yang di tampung pada kolam indikator. Sehingga volume dari kolam indikator menyesuaikan dengan kebutuhan air untuk sistem fire hydrant. Berikut merupakan perhitungan dimensi kolam indicator

$$\begin{aligned}
 \text{Volume yang di butuhkan} &= 216 \text{ m}^3 \\
 \text{Rencana kedalaman kolam} &= 3 \text{ meter} \\
 \text{Panjang} &= \text{Lebar} \\
 \text{Sehingga} \\
 V &= P^2 \times H \\
 216 \text{ m}^3 &= P^2 \times 3 \\
 P &= 8.5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sumber air untuk kebutuhan fire hydrant diperoleh dari *effluent* dari *Anaerobic Baffled Reactor* yang ditampung pada ground reservoir yang di khususkan untuk kebutuhan sistem *Fire Hydrant*. Perancangan memanfaatkan air dari *effluent* dari ABR dikarenakan air sungai yang berada di sekitar rumah susun tidak memungkinkan digunakan sebagai air untuk pemadaman kebakaran. Berikut Merupakan skema sistem fire Hydrant Tanah Merah I dan II untuk gambar yang lebih rinci dapat di lihat pada lampiran.



Gambar 5. 7 Sistem Fire Hydrant Tanah Merah I dan II
Setelah menentukan sistem fire hydrant dilakukan perhitungan diameter pipa dan kebutuhan pompa.

Pipa distribusi tiap lantai :

$$\begin{aligned}
 Q_{Hydrant\ gedung\ (4\ unit)} &= 400\ \text{Liter/menit} \sim 6.67\ \text{L/s} \\
 C &= 120 \\
 L\ (m) &= 17\ m \\
 H_f &= 0.25\ m \\
 H_f &= \left(\frac{Q}{0.00155 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L \\
 0.25\ m &= \left(\frac{26.68\ \text{Liter/detik}}{0.00155 \times 120 \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times 14\ m \\
 D &= 9.58\ \text{cm} \sim 3.6\ \text{inci} \\
 &(\text{Diameter pasaran 4 inci})
 \end{aligned}$$

Pipa distribusi primer:

$$\begin{aligned}
 Q_{Hydrant\ gedung} &= 2000\ \text{Liter/menit} \sim 33.33\ \text{L/s} \\
 C &= 120 \\
 L\ (m) &= 157\ m \\
 H_f &= 0.25\ m \\
 H_f &= \left(\frac{Q}{0.00155 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times 94 \\
 0.25\ m &= \left(\frac{26.68\ \text{Liter/detik}}{0.00155 \times 120 \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times 94\ m \\
 D &= 14.47\ \text{cm} \sim 5.7\ \text{inci} \\
 &(\text{Diameter pasaran 6 inci})
 \end{aligned}$$

Perhitungan Pompa Tanah Merah I

$$H_p = H_s + Hf_{total} + H_{Sisa}$$

Di mana:

H_p = Tekanan total pompa (m)

H_s = Tekanan statis (m)

Hf_{total} = Kehilangan tekanan pada pipa (m)

H_{Sisa} = Sisa tekan (m)

Hf_{total}

$$Hf_{pipa} = \left(\frac{Q}{0.00155 \times c \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L$$

$$Hf_{pipa} = \left(\frac{33.3 \text{ Liter/detik}}{0.00155 \times 120 \times 10.16 \text{ cm}^{2.63}} \right)^{1.85} \times 162 \text{ m}$$

$$= 5.2 \text{ m}$$

$$H_s = 20 \text{ m}$$

$$H_{sisa} = 5 \text{ m}$$

$$H_{pompa} = 5 + 20 + 5.2$$

$$= 30.2 \text{ m}$$

Tanah Merah II

$$H_p = H_s + Hf_{total} + H_{Sisa}$$

Di mana:

H_p = Tekanan total pompa (m)

H_s = Tekanan statis (m)

Hf_{total} = Kehilangan tekanan pada pipa (m)

H_{Sisa} = Sisa tekan (m)

Hf_{total}

$$Hf_{pipa} = \left(\frac{Q}{0.00155 \times c \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L$$

$$Hf_{pipa} = \left(\frac{33.3 \text{ Liter/detik}}{0.00155 \times 120 \times 10.16 \text{ cm}^{2.63}} \right)^{1.85} \times 94 \text{ m}$$

$$= 4.2 \text{ m}$$

$$H_s = 20 \text{ m}$$

$$H_{sisa} = 5 \text{ m}$$

$$H_{pompa} = 5 + 20 + 4.2$$

$$= 29.2 \text{ m}$$

Pompa sistem fire hydrant menggunakan pompa berbahan bakar solar sehingga pada saat terjadi pemadaman listrik pada saat terjadi kebakaran pompa tetap dapat beroperasi.

5.5. Kondisi Eksisting Sistem Penyediaan Air Bersih Rumah Susun Tanah Merah I dan II

Dari wawancara langsung kepada penghuni Rumah Susun, penguhi mengatakan bahwa persediaan air bersih masih kurang memuaskan terutama pada saat jam-jam penggunaan air tinggi (06.00-07.00). Pada saat jam tersebut sering terjadi kekurangan air, pada jam tersebut air yang didapatkan debitnya kecil. Dari kondisi diatas maka perlu dilakukan evaluasi apakah penyebab pada jam sibuk debit air yang didapat sangat kecil.

Berikut merupakan Tabel 5.9 diameter pipa yang digunakan pada tanah merah I dan II

Tabel 5. 9 Pipa Air bersih Tanah Merah I

Jalur	D (inci)
A(Kran Kamar Mandi) - C	$\frac{3}{4}$
B (Sink Dapur) - C	$\frac{3}{4}$
C - D (Meter Air)	$\frac{3}{4}$
Pipa distribusi tiap lantai – shaft	2 $\frac{1}{2}$
Pipa Shaft	3 $\frac{1}{2}$

Tabel 5. 10 Pipa Air bersih Tanah Merah II

Jalur	D (inci)
A(Kran Kamar Mandi) - C	$\frac{3}{4}$
B (Sink Dapur) - C	$\frac{3}{4}$
C - D (Meter Air)	$\frac{3}{4}$
Pipa distribusi tiap lantai – <i>Roof tankReservoir</i>	2 $\frac{1}{2}$

Reservoar *rooftank* Rumah Susun Tanah Merah I dan II memiliki kapasitas reservoir *rooftank* yang sama yaitu 10.000 liter yang di bagi mejadi 2 tangki yang berbentuk tabung dengan masing-masing tabung memiliki volume sebesar 5000 liter.

Pompa Rumah Susun Tanah Merah I dan II memiliki spesifik yang sama yaitu 200 l/menit head 25 meter. Sistem penyediaan air bersih Rumah Susun Tanah Merah I dan II yaitu dengan pemompaan air dari ground reservoir menuju ke rooftop reservoir dan dari rooftop reservoir didistribusikan secara gravitasi ke unit-unit rumah susun.

5.6. Evaluasi Sistem Perpipaan Penyediaan Air Bersih Rumah Susun Tanah Merah I dan II

A. Tanah Merah I

Dalam menentukan ukuran pipa perlu dipertimbangkan batas kerugian gesek atau gradien hidrolis yang diizinkan, demikian juga batas kecepatan tertinggi. Penentuan dimensi pipa air bersih menggunakan metode sistem hitungan *hydraulic*. Metode tersebut didasarkan atas debit air yang mengalir pada peralatan saniter. Langkah penentuan dimensi pipa air bersih Menentukan jalur air bersih tiap alat plambing. Selanjutnya menentukan jalur pipa untuk setiap alat plambing tersebut. Selanjutnya dihitung jumlah unit beban alat plambing tiap jalur tersebut. Jalur pipa tiap kamar dapat dilihat pada gambar 5.3.

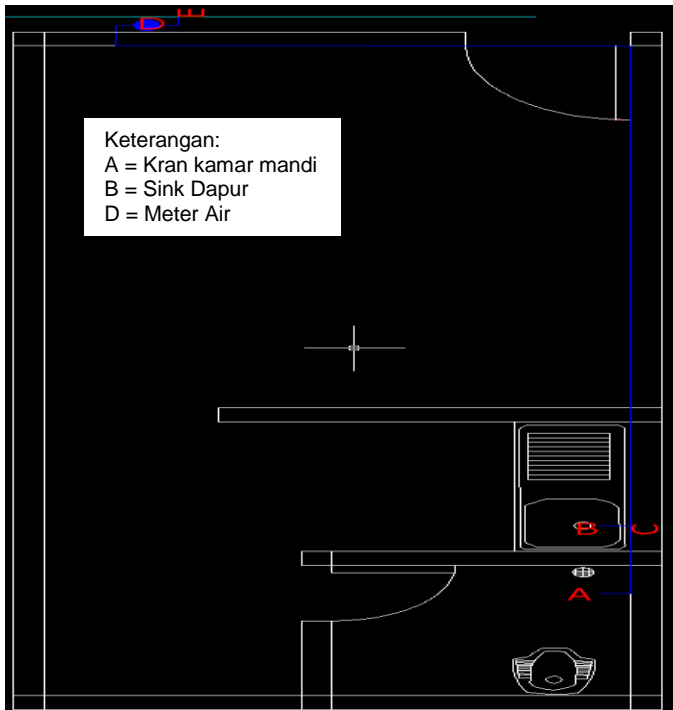
1. Menentukan besarnya nilai fixture unit.

Berikut perhitungan besar fixture unit pada setiap unit kamar rumah susun Tanah Merah I (Jalur A-D).

Unit beban total	= jumlah alat x unit beban alat
Kran	= 1 buah x 2 FU = 2 FU
Sink Dapur	= 1 buah x 2 FU = 2 FU
Total	= 2 FU + 2 FU = 4 FU

Setiap unit memiliki total fixture unit sebesar 4 FU. Pipa distribusi tiap lantai – *rootank reservoir* menerima beban dari 12 kamar maka diperoleh UAP :

$$\text{UAP jalur D – Shaft} = 4 \text{ FU} \times 12 \text{ kamar} = 48 \text{ UAP.}$$



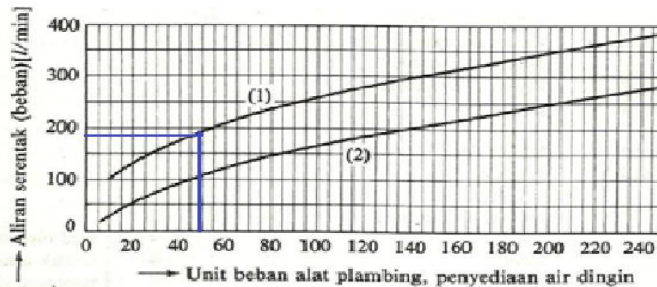
Gambar 5. 8 Jalur Pipa Tiap Kamar

Tabel 5. 11 Hasil Perhitungan Unit Beban Alat Plambing

Jalur	UAP
A(Kran Kamar Mandi) - C	2
B (Sink Dapur) - C	2
C - D (Meter Air)	4
Pipa distribusi tiap lantai – <i>Roof tankReservoir</i>	48
shaft- reservoir	192

Setelah didapatkan jumlah unit beban alat plambing selanjutnya dicari besar debit yang mengalir dalam jalur pipa menggunakan kurva hubungan antara unit beban alat

plumbing dan debit. Kurva tersebut memberikan hubungan antara jumlah unit beban plumbing dengan laju aliran air, dengan memasukkan faktor kemungkinan penggunaan serempak dari alat-alat plumbing. Contoh perhitungan debit pada jalurPipa distribusi tiap lantai – *roof tankreservoir* dapat dilihat pada gambar 5.9.



Gambar 5. 9 Hubungan antara unit beban alat plumbing sampai 250
Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2000

Pada jalur pipa distribusi tiap lantai – *Roof tankReservoir* memiliki UAP sebesar 48FU, maka ditarik garis lurus hingga menyentuh grafik (1), diperoleh hasil debit sebesar 190 GPM. 1 GPM = 0.06309 L/detik sehingga diperoleh hasil 11.99 L/detik. Berikut merupakan hasil pada jalur lain :

Tabel 5. 12 Hasil Perhitungan Debit pada Setiap Jalur Pipa

Jalur	UAP	Q (GPM)	Q (L/detik)
A(Kran Kamar Mandi) - C	2	2	0.12
B (Sink Dapur) - C	2	2	0.12
C - D (Meter Air)	4	4	0.25
Pipa distribusi tiap lantai – pipa tegak(<i>shaft</i>)	48	190	11.99
Shaft - Reservoir	192	340	21.45

2. Menentukan dimensi pipa air bersih.

Debit pipa setiap jalur yang telah didapat dari kurva sebelumnya digunakan untuk menentukan besar diameter

yang akan digunakan pada setiap jalur pipa. Penentuan diameter pipa menggunakan debit dapat ditentukan dari Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5. 13 Diameter Pipa Berdasarkan Debit

Fixture		Number of Fixtures								
		1	2	4	8	12	16	24	32	40
Water closet										
Tank	Gpm	8	16	24	48	60	80	96	128	150
	Pipe size, in	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	2	2	2
Flush valve	Gpm	30	50	80	120	140	160	200	250	300
	Pipe size, in	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	2	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$
Urinal										
Tank	Gpm	6	12	20	32	42	56	72	90	120
	Pipe size, in	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	2
Flush valve	Gpm	25	37	45	75	85	100	125	150	175
	Pipe size, in	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	2	2	2	2
Wash basin	Gpm	4	8	12	24	30	40	48	64	75
	Pipe size, in	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$
Bath tub	Gpm	15	30	40	80	96	112	144	292	240
	Pipe size, in	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	2	2	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$
Shower bath	Gpm	8	16	32	64	96	128	192	256	320
	Pipe size, in	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	2	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	3
Sinks	Gpm	15	25	40	64	84	96	120	150	200
	Pipe size, in	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	2	2	2	$2\frac{1}{2}$

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2000

Dari tabel diatas diperoleh diameter pipa tiap jalurnya. Diameter pipa dapat dilihat pada Tabel 5.14

Tabel 5. 14 Diameter Pipa Tiap Jalur

Jalur	UAP	Q (GPM)	Q (L/detik)	D (inci)
A(Kran Kamar Mandi) - C	2	2	0.12	¾
B (Sink Dapur) - C	2	2	0.12	¾
C - D (Meter Air)	4	4	0.25	¾
Pipa distribusi tiap lantai – pipa tegak (<i>Shaft</i>)	48	190	11.99	2 ½
Shaft - Reservoar	192	340	21.45	3

Dari evaluasi berdasarkan perhitungan tersebut diameter yang digunakan untuk pipa air bersih telah sesuai dengan perhitungan. Namun untuk gedung berlantai 5 lebih baik tidak menggunakan pipa shaft karena lebih mudah dalam kontrolling pemeliharaan. Sehingga ada perubahan design dari sistem penyaluran air bersih rumah Susun Tanah Merah I.

Setelah diperoleh diameter pipa pada masing-masing jalur selanjutnya dilakukan pengecekan nilai *head* pada lantai teratas apakah sudah memenuhi atau belum. Pengecekan *head* hanya dilakukan pada lantai teratas karena lantai teratas adalah lantai yang paling kecil nilai *head*nya karena perbedaan tinggi antara rooftank *reservoir* dengan pipa distribusi kecil. Berikut merupakan perhitungan nilai *head*:

$$H_{\text{total}} = H_{\text{pipa}} + H_{\text{aksesoris}} + H_{\text{sisatekan}}$$

$$H_{\text{total}} = 2.5$$

- $$H_{\text{f pipa}} = \left(\frac{Q}{0.00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L$$

$$H_{\text{f pipa}} = \left(\frac{11.99 \text{ Liter/detik}}{0.00155 \times 120 \times 6.35 \text{ cm}^{2,63}} \right)^{1,85} \times 32 \text{ m}$$

$$= 1.2 \text{ m}$$

- $$H_{\text{aksesoris akibat 12 belokan } 90^\circ (K=0.3)}$$

$$H_m = n \times \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right]$$

$$= 8 \times \left[\frac{0.3 \times 2^2}{2 \times 9.81} \right]$$

$$= 0.48 \text{ m}$$

- Head akibat 1 *valve* ($K=2$)

$$\begin{aligned} H_m &= n \times \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\ &= 1 \times \left[\frac{2 \times 2^2}{2 \times 9.81} \right] \\ &= 0.4 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} 2.5 &= 1.2 + 0.88 + H_{\text{sisatekan}} \\ H_{\text{sisatekan}} &= 0.42 \text{ m} \end{aligned}$$

Nilai tersebut belum aman sehingga perlu ditambahkan tekanan pada desain baru yaitu dengan menambahkan penyangga pada tangki rooftop reservoir sehingga tekanan bertambah.

A. Tanah Merah II

Dari perhitungan dengan metode yang sama dengan perhitungan diameter pipa Tanah Merah I diperoleh besar diameter pipa tiap jalur pada Tanah Merah II. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan unit beban alat plambing pada setiap jalur:

Tabel 5. 15 Diameter Pipa Tiap Jalur

Jalur	UAP	Q (GPM)	Q (L/detik)	D (inci)
A(Kran Kamar Mandi) – C	2	2	0.12	$\frac{3}{4}$
B (Sink Dapur) - C	2	2	0.12	$\frac{3}{4}$
C - D (Meter Air)	4	4	0.25	$\frac{3}{4}$
Pipa distribusi tiap lantai – <i>Roof tank</i> <i>Reservoir</i>	48	190	11.99	$2 \frac{1}{2}$

Dari evaluasi berdasarkan perhitungan tersebut diameter yang digunakan untuk pipa air bersih telah sesuai dengan perhitungan

Setelah diperoleh diameter pipa pada masing-masing jalur selanjutnya dilakukan pengecekan nilai *head* pada lantai teratas apakah sudah memenuhi atau belum. Pengecekan *head* hanya dilakukan pada lantai teratas karena lantai

terbatas adalah lantai yang paling kecil nilai headnya karena perbedaan tinggi antara rooftank *reservoir* dengan pipa distribusi kecil. Pada kondisi eksisting Tanah Merah II rooftank *reservoir* disangga beton setinggi 1 meter untuk menambah tekanan. Berikut merupakan perhitungan nilai *head*:

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= H_{\text{pipa}} + H_{\text{aksesoris}} + H_{\text{sisatekan}} \\ H_{\text{total}} &= 3.5 \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} H_{\text{fpipa}} &= \left(\frac{Q}{0.00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ H_{\text{fpipa}} &= \left(\frac{11.99 \text{ Liter/detik}}{0.00155 \times 120 \times 6.35 \text{ cm}^{2,63}} \right)^{1,85} \times 32 \text{ m} \\ &= 1.1 \text{ m} \end{aligned}$$

- $H_{\text{aksesoris}}$ akibat 12 belokan 90° ($K=0.3$)

$$\begin{aligned} H_m &= n \times \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\ &= 8 \times \left[\frac{0.3 \times 2^2}{2 \times 9.81} \right] \\ &= 0.48 \text{ m} \end{aligned}$$

- Head akibat 1 *valve* ($K=2$)

$$\begin{aligned} H_m &= n \times \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\ &= 1 \times \left[\frac{2 \times 2^2}{2 \times 9.81} \right] \\ &= 0.4 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} 3.5 &= 1.1 + 0.88 + H_{\text{sisatekan}} \\ H_{\text{sisatekan}} &= 1.52 \text{ m} \end{aligned}$$

Nilai tersebut sudah aman sehingga tidak perlu di rencanakan ulang seperti yang terjadi pada Rumah Susun tanah Merah I.

5.7. Kapasitas **Ground Reservoir Tanah Merah I**

Berdasarkan perhitungan *ground reservoir* dengan menggunakan rumus, data yang dibutuhkan untuk perhitungan adalah nilai kapasitas pipa dinas (Q_s), di mana untuk mendapatkannya dilakukan dengan perhitungan berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \frac{\text{kebutuhan air rata-rata}}{24 \text{ jam}} \\
 Q_s &= \frac{118.5 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ jam}} \\
 &= 4.94 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Penggunaan air pada Rumah Susun Tanah Merah hanya 16 jam sedangkan suplai selama 24 jam, sehingga *groundreservoir* harus mampu menampung air 8 jam dari suplai PDAM. Sehingga perhitungan kapasitas *groundreservoir* adalah :

$$\begin{aligned}
 V_R &= Q_d - (Q_s \times T) \\
 &= 118.5 \text{ m}^3/\text{hari} - (4.94 \text{ m}^3/\text{jam} \times 16 \text{ jam/hari}) \\
 &= 39.4 \text{ m}^3 \\
 &= 40 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dengan mengasumsikan kedalaman maka diperoleh dimensi *groundreservoir* Tanah Merah I. berikut merupakan perhitungan dimensi *reservoir*.

$$\begin{aligned}
 \text{Kedalaman } \textit{reservoir} &= 2 \text{ meter} \\
 \text{Perbandingan P : L} &= 1 : 2 \\
 \text{Luas } \textit{reservoir} &= \frac{40 \text{ m}^3}{2 \text{ m}} \\
 &= 20 \text{ m}^2 \\
 \text{Luas } \textit{reservoir} &= 2L \times L \\
 20 \text{ m}^2 &= 2L^2 \\
 L &= 3.1 = 3.2 \text{ m} \\
 P &= 6.4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5.8. Kapasitas *Ground Reservoir* Tanah Merah II

Berdasarkan perhitungan *ground reservoir* dengan menggunakan rumus, data yang dibutuhkan untuk perhitungan adalah nilai kapasitas pipa dinas (Q_s), di mana untuk mendapatkannya dilakukan dengan perhitungan berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \frac{\text{kebutuhan air rata-rata}}{24 \text{ jam}} \\
 Q_s &= \frac{92.7 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ jam}} \\
 &= 3.86 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Penggunaan air pada Rumah Susun Tanah Merah hanya 16 jam sedangkan suplai selama 24 jam, sehingga *groundreservoir* harus mampu menampung air 8 jam dari suplai PDAM. Sehingga perhitungan kapasitas *groundreservoir* adalah :

$$\begin{aligned} V_R &= Q_d - (Q_s \times T) \\ &= 92.7 \text{ m}^3/\text{hari} - (3.86 \text{ m}^3/\text{jam} \times 16 \text{ jam/hari}) \\ &= 30.94 \text{ m}^3 \\ &= 31 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dengan mengasumsikan kedalaman maka diperoleh dimensi *groundreservoir* Tanah Merah I. berikut merupakan perhitungan dimensi *reservoir*.

$$\begin{aligned} \text{Kedalaman } reservoir &= 2 \text{ meter freeboard} = 0.3 \text{ m} \\ \text{Perbandingan } P : L &= 1 : 2 \\ \text{Luas } reservoir &= \frac{31 \text{ m}^3}{2 \text{ m}} \\ &= 15.5 \text{ m}^2 \\ \text{Luas } reservoir &= 2L \times L \\ 15.5 \text{ m}^2 &= 2L^2 \\ L &= 2.8 \text{ m} \\ P &= 5.6 \text{ m} \end{aligned}$$

5.9. Evaluasi Kapasitas *Rooftank Reservoir* Tanah Merah II

Roof tank atau tangki atas merupakan tangki penampung yang menampung air sebelum didistribusikan ke seluruh sistem. Tangki ini digunakan untuk menampung kebutuhan puncak air, biasanya disediakan dengan kapasitas cukup untuk jangka waktu kebutuhan puncak tersebut yaitu sekitar 30 menit. Dalam keadaan tertentu kebutuhan puncak dimulai pada saat muka air terendah dalam tangki atas, sehingga perlu dilakukan perhitungan terhadap jumlah air yang dapat dimasukkan dalam waktu 10 sampai 15 menit oleh pompa angkat (yang memompakan air dari tangki bawah ke tangki atas). Berikut merupakan perhitungan *Roof tankreservoir* Rumah Susun Tanah Merah I :

kapasitas pompa pengisi diusahakan sebesar :

$$Q_{pu} = Q_{m_{max}}$$

Air yang diambil dari tangki atas melalui pipa pembagi utama dianggap sebesar Q_p . Semakin dekat Q_{pu} dengan Q_p , maka semakin kecil ukuran tangki atas. Dari rumus di atas dapat dilihat bahwa bila $Q_{pu} = Q_p$, maka volume tangki adalah :

$$V_E = Q_{pu} \times T_{pu}$$

$$Q_p = Q_{ave} \times \text{persen penggunaan setiap jam puncak}$$

$$= 118.5 \text{ m}^3/\text{hari} \times c(1.5-2)$$

$$= 18.96 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2$$

$$= 37.92 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0.632 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$V_E = 0.632 \text{ m}^3/\text{menit} \times 30 \text{ menit}$$

$$= 18.96 \text{ m}^3$$

Reservoir dibagi menjadi 4 tabung sehingga setiap tabung memiliki volume 4.74 m^3 karena di pasaran hanya ada tabung dengan volume 5 m^3 maka *rooftank reservoir* Tanah Merah I menggunakan tabung dengan volume 5 m^3 . Perhitungan tersebut sudah sesuai dengan kondisi eksisting pada Rumah Susun Tanah Merah I. Sehingga tidak ada perubahan desain *rooftank reservoir*.

5.10. Evaluasi Kapasitas *Rooftank Reservoir* Tanah Merah II

Roof tank atau tangki atas merupakan tangki penampung yang menampung air sebelum didistribusikan ke seluruh sistem. Tangki ini digunakan untuk menampung kebutuhan puncak air, biasanya disediakan dengan kapasitas cukup untuk jangka waktu kebutuhan puncak tersebut yaitu sekitar 30 menit. Dalam keadaan tertentu kebutuhan puncak dimulai pada saat muka air terendah dalam tangki atas, sehingga perlu dilakukan perhitungan terhadap jumlah air yang dapat dimasukkan dalam waktu 10 sampai 15 menit oleh pompa angkat (yang memompakan air dari tangki bawah ke tangki atas). Berikut merupakan perhitungan *Roof tank reservoir* Rumah Susun Tanah Merah I :

Pada umumnya, kapasitas pompa pengisi diusahakan sebesar :

$$Q_{pu} = Q_{m_{max}}$$

Air yang diambil dari tangki atas melalui pipa pembagi utama dianggap sebesar Q_p Semakin dekat Q_{pu} dengan Q_p , maka semakin kecil ukuran tangki atas. Dari rumus di atas dapat dilihat bahwa bila $Q_{pu} = Q_p$, maka volume tangki adalah :

$$V_E = Q_{pu} \times T_{pu}$$

$$\begin{aligned} Q_{pu} &= Q_{ave} \times c(1.5-2) \\ &= 92.7 \text{ m}^3/\text{hari} \times c(1.5-2) \\ &= 15.31 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \\ &= 30.22 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0.51 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_E &= 0.51 \text{ m}^3/\text{menit} \times 30 \text{ menit} \\ &= 15.31 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Reservoir dibagi menjadi 4 tabung sehingga setiap tabung memiliki volume 3.82 m^3 karena di pasaran hanya ada tabung dengan volume 5 m^3 maka *rooftank reservoir* Tanah Merah Imenggunakan tabung dengan volume 5 m^3 . Perhitungan tersebut sudah sesuai dengan kondisi eksisting pada Rumah Susun Tanah Merah I. Sehingga tidak ada perubahan desain *rooftank reservoir*.

5.11. Evaluasi Pompa Air Bersih Tanah Merah I

Pemilihan pompa air bersih sesuai dengan debit yang direncanakan pada perhitungan *rooftank reservoir*. Berdasarkan perhitungan pada *rooftank reservoir* diperoleh debit pemompaan yang dibutuhkan sebesar $0.653 \text{ m}^3/\text{menit}$ (dua gedung). Jadi pada setiap gedung debit pemompaan menurut perhitungan yaitu 315 liter/menit. Berdasarkan perhitungan tersebut maka kondisi pompa eksisting yang hanya memiliki debit sebesar 200l/menit tidak mampu untuk memenuhi *rooftank reservoir* sehingga untuk memenuhi kebutuhan pada jam puncak. Setelah dihitung diameter pipa penhubung dari pompa ke *rooftankreservoir* selanjutnya di hitung head pompa yang dibutuhkan.

$$H_p = H_s + Hf_{total} + H_{Sisa}$$

Di mana:

H_p = Tekanan total pompa (m)

H_s = Tekanan statis (m)

Hf_{total} = Kehilangan tekanan pada pipa (m)

H_{Sisa} = Sisa tekan (m)

Hf_{total}

$$Hf_{\text{pipa}} = \left(\frac{Q}{0.00155 \times c \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L$$

$$Hf_{\text{pipa}} = \left(\frac{5.25 \text{ Liter/detik}}{0.00155 \times 120 \times 10.16 \text{ cm}^{2.63}} \right)^{1.85} \times 82 \text{ m}$$

$$= 3.2 \text{ m}$$

$$H_s = 20 \text{ m}$$

$$H_{Sisa} = 5 \text{ m}$$

$$H_{\text{pompa}} = 5 + 20 + 3.2$$

$$= 28.2 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas Head yang dibutuhkan pompa yaitu 28.2 m sedangkan kondisi eksisting pompa memiliki head 35 m sehingga masih memenuhi.

5.12. Evaluasi Pompa Air Bersih Tanah Merah II

Pemilihan pompa air bersih sesuai dengan debit yang direncanakan pada perhitungan *rooftank reservoir*. Berdasarkan perhitungan pada *rooftank reservoir* diperoleh debit pemompaan yang dibutuhkan sebesar 0.531 m³/menit (dua gedung). Jadi pada setiap gedung debit pemompaan menurut perhitungan yaitu 265 liter/menit. Berdasarkan perhitungan tersebut maka kondisi pompa eksisting yang hanya memiliki debit sebesar 200l/menit tidak mampu untuk memenuhi *rooftank reservoir* sehingga untuk memenuhi kebutuhan pada jam puncak. Setelah dihitung diameter pipa penhubung dari pompa ke *rooftankreservoir* selanjutnya di hitung head pompa yang dibutuhkan.

$$H_p = H_s + Hf_{total} + H_{Sisa}$$

Di mana:

H_p = Tekanan total pompa (m)

H_s = Tekanan statis (m)

Hf_{total} = Kehilangan tekanan pada pipa (m)

H_{Sisa} = Sisa tekan (m)

Hf_{total}

$$Hf_{\text{pipa}} = \left(\frac{Q}{0.00155 \times c \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L$$

$$Hf_{\text{pipa}} = \left(\frac{5.25 \text{ Liter/detik}}{0.00155 \times 120 \times 10.16 \text{ cm}^{2.63}} \right)^{1.85} \times 92 \text{ m}$$

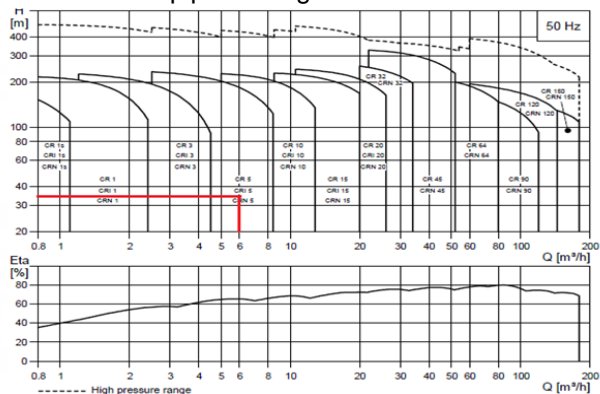
$$\begin{aligned}
 &= 3.5 \text{ m} \\
 H_s &= 20 \text{ m} \\
 H_{\text{sisa}} &= 5 \text{ m} \\
 H_{\text{pompa}} &= 5 + 20 + 3.5 \\
 &= 28.5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas Head yang dibutuhkan pompa yaitu 28.2 m sedangkan kondisi eksisting pompa memiliki head 35 m sehingga masih memenuhi.

5.13. Perancangan Ulang Sistem Penyediaan air bersih

A.Tanah Merah I

1. Penambahan 2 pompa dengan masing masing spesifikasi 100 liter/menit head 35 m. Hal ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air pada saat jam puncak. Pompa yang digunakan untuk perencanaan dipilih dengan cara memasukan pada grafik spesifikasi pompa sentrifugal Grunfos pada Gambar 5.10. Sumbu x merupakan head yang diperlukan sedangkan sumbu y merupakan debit dalam satuan m³/jam. Dari pertemuan garis dari sumbu x dan y maka didapat jenis pompa yang diperlukan. Jenis pompa yang sesuai dengan kebutuhan yaitu GRUNFOS CR-5. Pompa ini memiliki spesifikasi Kapasitas maks (Q) sebesar 100/menit atau 6 m³/jam dan head 35 m. Diameter pipa hisap sebesar 2.5 inch dan diameter pipa dorong sebesar 2 inch.



Gambar 5. 11 Pompa
GRUNFOS CR-5

Gambar 5. 10 Grafik Spesifikasi Pompa Grunfos
centrifugal Pump

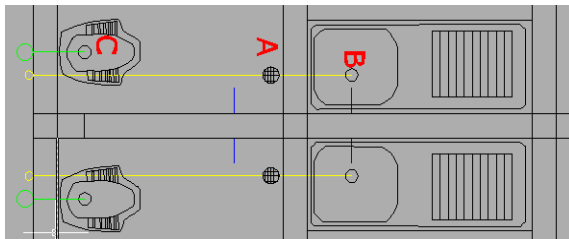
2. Penambahan ketinggian letak reservoir rooftop menggunakan dudukan beton setinggi 1 meter. Hal ini dilakukan untuk menambah tekanan pada sistem penyediaan air bersih

B. Tanah Merah II

1. Penambahan 2 pompa dengan masing masing spesifikasi 100liter/menit head 35 m. Spesifikasi pompa yang digunakan sama dengan Tanah Merah I sehingga menggunakan pompa GRUNFOS CR-5. Hal ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air pada saat jam puncak.

5.14. Kondisi Eksisting Perpipaan Air Buangan Tanah Merah I dan II

Permasalahan yang terjadi pada Rumah Susun Tanah Merah I yaitu tergenangnya air dalam saluran pembuangan menuju sungai. Untuk perpipaan di dalam gedung ada permasalahan namun yang dikeluhkan penghuni rusun yaitu saluran pembuangan yang menuju ke sungai sering tersumbat sehingga menimbulkan bau yang tidak sedap. Berikut merupakan Gambar 5.12 Jalur perpipaan pembuangan air limbah pada Rumah Susun Tanah Merah I dan II



Gambar 5. 12 Alat Plumbing dan Jalur Pipa Air Buangan Tanah Merah I

Keterangan:

A. *Floor Drain*

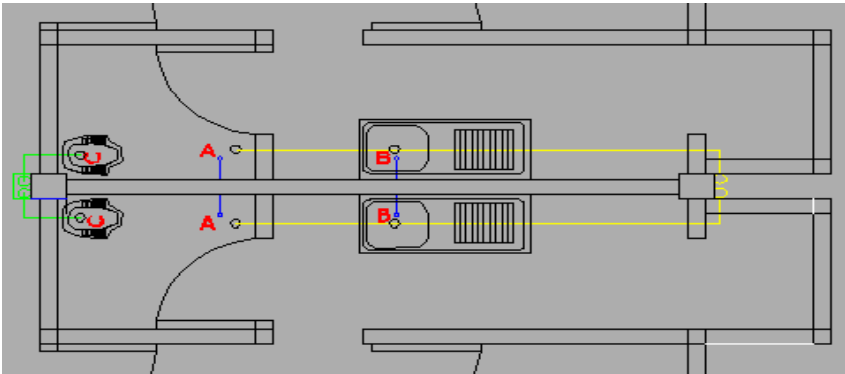
B. *Sink Dapur*

C. *water closet*

Berikut merupakan Tabel 5.16 yang merupakan besar pipa eksisting pada sistem pembuangan air limbah Rumah Susun Tanah Merah I.

Tabel 5. 16 Pipa Air Buangan Tanah Merah I

Jalur	Diameter Pipa eksisting
B - A (Sink Dapur)	2
A(Floor Drain) – Pipa tegak grey water	2
C - Pipa Tegak Black water	3
Shaft	
Pipa tegak grey water (Lantai 5) – saluran menuju sungai	4
pipa tegak black water (Lantai 5) - Tanki Septik	4



Gambar 5. 13 Alat Plumbing dan Jalur Pipa Air Buangan Tanah Merah

- Keterangan:
- A. Floor Drain
 - B. Sink Dapur
 - C. water closet

Tabel 5. 17 Pipa Air Buangan Tanah Merah I

Jalur	Diameter Pipa eksisting
A (<i>floor drain</i>) - B (Sink Dapur)	2
B – Pipa tegak grey water	2
C - Pipa Tegak Black water	3
Shaft	
Pipa tegak grey water (Lantai 5) – saluran menuju sungai	4
pipa tegak black water (Lantai 5) - Tanki Septik	4

5.15. Evaluasi Perpipaan Air Buangan

Dalam penentuan dimesi pipa air buangan tidak di hitung menggunakan UAP dikarenakan alat yang plambing yang digunakan di rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya tidak menggunakan tangki gelontor. Sehingga evaluasi perhitungan menggunakan debit pemakaian tiap hari. Dari debit yang diperoleh maka dapat di hitung diameter pipa minimum dengan merencanakan kecepatan sehingga tidak terjadi kemampetan pada pipa grey water maupun black water. Berikut merupakan hasil perhitungan dimensi pipa air limbah rumah susun Tanah Merah kota Surabaya.

Tabel 5. 18 Perhitungan Pipa Air Buangan Tanah Merah

Jalur	Panjang Pipa	Jumlah Penduduk	Q	V rencana	Luas Penampang	D min yang diperbolehkan	D eksisting
	(m)	(Jiwa)	m ³ /s	m/s	m	mm	mm
B-A(Sink Dapur)	1	4	0.006	0.6	0.01	50	50
A- Pipa	1.5	4	0.00	0.6	0.01	50	75

Tegak			6				
Pipa Tegak Grey water	14	16	0.02	0.6	0.033 333	91.2	100
Pipa Tegak Black water	14	16	0.01 8	0.6	0.03	86.6	100

Dari perhitungan di atas diameter pipa buangan eksisting telah sesuai dengan perhitungan.

5.16. Evaluasi Pipa ven

Pada Rumah Susun Tanah Merah, dimensi pipa ven yang terpasang dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan gambar 5.14.

Tabel 5. 19 Pipa Ven Eksisting

No	Perpipaan	Diameter (Inci)
1	Pipa ven tegak black water	2.5
2	Pipa ven tegak grey water	2.5



Gambar 5. 14 Pipa Ven Tegak

Langkah-langkah dalam menentukan dimensi pipa ven adalah sebagai berikut:

1. Menentukan sistem ven yang digunakan pada ruang saniter, system yang digunakan berupa sistem ven tegak.
2. Menentukan jenis Unit Alat Plumbing (UAP) yang terdapat pada tiap-tiap jalur yang telah ditentukan.
3. Menentukan kumulatif dari masing – masing UAP tersebut.
4. Menentukan diameter air buangan pada jalur di mana pipa ven dipasang, penentuan diameter berdasarkan diameter pipa air buangan yang telah dihitung, penentuan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.9.
5. Menentukan panjang pipa yang terdapat pada setiap jalur yang telah ditentukan.
6. Konversi diameter pipa dalam satuan inci sesuai dengan yang terdapat di pasaran.

Setelah mengikuti langkah-langkah diatas, penentuan pipa ven dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Perhitungan pipa ven

Jalur	UAP	Diameter Pipa Air Buangan (mm)	Panjang Pipa Tegak (m)	Diameter Pipa Ven (mm)
Pipa tegak grey water	20	100	17.5	50
Pipa tegak black water	20	100	17.5	50

Berdasarkan perhitungan, pipa ven berukuran 50 mm atau 2.5 inci, sehingga berdasarkan perhitungan dengan kondisi eksisting sudah sesuai. Sehingga tidak diperlukan perencanaan ulang.

5.17. Perencanaan Pengolahan Air Limbah

Berikut adalah hasil sampling terhadap grey water pada ujung saluran pembuangan Rumah Susun Tanah Merah. Pengambilan sampel dilakukan pada pukul 07.30 WIB. karena pada waktu tersebut banyak penghuni telah selesai

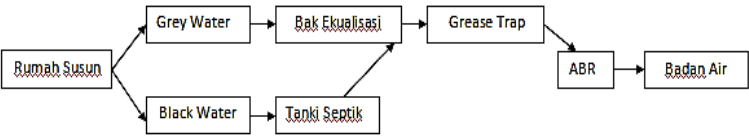
menggunakan air untuk melakukan aktivitas kerja, sehingga pengambilan sampel tersebut dianggap representatif. Sampel tersebut kemudian langsung dianalisa di laboratorium untuk menghindari perubahan karakteristik pada sampel tersebut. Karakteristik *grey water* dapat dilihat pada tabel 5.21.

Tabel 5. 20 Karakteristik Grey Water Rumah Susun Tanah Merah

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah Domestik	Hasil Analisa
1	pH	-	6-9	7,20
2	TSS	mg/L	50	140,00
3	COD	mg/L O ₂	50	182,00
4	BOD	mg/L O ₂	30	105,00
5	Minyak & Lemak	mg/L	10	16.00

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium

Dari karakteristik tersebut, maka dapat ditentukan instalasi-instalasi pengolahan air limbah yang tepat dengan karateristik air limbah. Karakteristik ar limbah rumah susuan Tanah Merah Kota Surabaya memiliki karakteristik minyak dan lemak yang tinggi oleh karena itu diperlukan instalasi *grease trap*. Untuk menurunkan kandungan organic dalam air limbah tersebut di pilih instalasi ABR dikarenakan selain efektif menyisihkan kandungan organic biaya OM dari ABR relative murah sehingga cocok dengan tingkat ekonomi penghuni rusun yang cenderung menengah kebawah.Berikut adalah skema pengolahan air limbah di Rumah Susun Tanah Merah dapat dilihat pada gambar 5.15.



Gambar 5. 15 Skema Pengolahan Air Limbah

Baku mutu yang digunakan dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah pada Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.

5.18. Rancangan Bak Ekualisasi

A. Perhitungan Dimensi

Langkah yang dilakukan untuk menghitung bak ekualisasi yaitu mengetahui debit fluktuasi pemakaian air penghuni rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya. Debit fluktuatif dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Volume bak ekualisasi diperoleh dengan menjumlahkan selisih negative terbesar dan selisih nilai positif terbesar. Maka perhitungan bak ekualisasi adalah sebagai berikut.

$$V = (11.22 + 4.76) \% \times Q_{ave}$$

$$V = 27.6 \text{ m}^3$$

Direncanakan

$$H = 2 \text{ m} \quad \text{Freeboard} = 0.3$$

$$P : L = 1 : 1$$

$$V = P \times L \times H$$

$$27.6 = L \times L \times 2$$

$$L = 3.7 \text{ m} \quad P = 3.7 \text{ m}$$

Tabel 5. 21 Tabel Debit Fluktuatif

No	Waktu	Persen pemakaian (%)	Pengaliran (%)	Selisih
1	00.00-01.00	0.0	4.762	-4.76
2	01.00-02.00	0.0	4.762	-4.76
3	02.00-03.00	0.0	4.762	-4.76
4	03.00-04.00	0.9	4.762	-3.82
5	04.00-05.00	2.4	4.762	-2.34
6	05.00-06.00	12.4	4.762	7.61
7	06.00-07.00	16.0	4.762	11.22
8	07.00-08.00	8.9	4.762	4.19
9	08.00-09.00	5.8	4.762	1.01
10	9.00-10.00	2.4	4.762	-2.34
11	10.00-11.00	2.4	4.762	-2.34
12	11.00-12.00	3.7	4.762	-1.08
13	12.00-13.00	3.4	4.762	-1.36
14	13.00-14.00	5.2	4.762	0.40
15	14.00-15.00	6.7	4.762	1.91
16	15.00-16.00	7.6	4.762	2.87
17	16.00-17.00	8.0	4.762	3.22
18	17.00-18.00	3.2	4.762	-1.58
19	18.00-19.00	2.9	4.762	-1.83
20	19.00-20.00	2.4	4.762	-2.34
21	20.00-21.00	2.0	4.762	-2.81
22	21.00-22.00	2.0	4.762	-2.81
23	22.00-23.00	1.0	4.762	-3.75
24	23.00-24.00	0.7	4.762	-4.04

B. Pompa

Perhitungan pompa diperlukan untuk mengetahui karakteristik pompa dan aksesoris yang dibutuhkan. Pompa disini berfungsi untuk mengalirkan air secara konstan dari bak ekualisasi ke unit IPAL selanjutnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan pompa adalah sebagai berikut:

1. Debit yang digunakan dalam perhitungan adalah 2 kali dari debit rata-rata. Hal ini dikarenakan setengah dari debit pompa akan diresirkulasi ke bak ekualisasi sebagai proses *mixing* agar pemerataan kualitas air limbah semakin optimal.
2. Kecepatan aliran dalam pipa harus < 2 m/detik untuk mencegah tergerusnya pipa oleh aliran air.

Pompa yang akan digunakan pada bak pengumpul ini merupakan pompa berjenis *submersible pump*. Berikut ini merupakan perhitungan yang menjadi dasar penentuan spesifikasi pompa.

Direncanakan:

Jumlah pompa pada 1 bak ekualisasi = 1

buah Kecepatan aliran (v) asumsi = 1

m/s

Diketahui:

Debit (Q) aliran = Q_{ave} total x 2

= $234 \text{ m}^3/\text{hari}$

= $0,0027 \text{ m}^3/\text{detik}$

- Luas permukaan pipa (A_{pipa})

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{V} \\ &= \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{detik}}{1 \text{ m/s}} \\ &= 0.004 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Diameter pipa (D_{pipa})

$$\begin{aligned}
 D_{\text{pipa}} &= \sqrt{\frac{4Q}{2\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 0.002}{2 \times 3.14}} \\
 &= 0.0085 \text{ m} \\
 &= 85 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm (diameter pipa yang ada di pasaran)}
 \end{aligned}$$

$$H_{\text{total}} = H_{\text{pipa}} + H_{\text{aksesoris}} + H_{\text{statis}}$$

- $H_{\text{f pipa}} = \left(\frac{Q}{0.00155 \times c \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L$
 $H_{\text{f pipa}} = \left(\frac{2.7 \text{ Liter/detik}}{0.00155 \times 120 \times 6.35 \text{ cm}^{2.63}} \right)^{1.85} \times 4 \text{ m}$
 $= 0.4 \text{ m}$

- $H_{\text{aksesoris}}$ akibat 1 belokan 90° ($K=0.3$)

$$\begin{aligned}
 H_m &= n \times \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\
 &= 1 \times \left[\frac{0.3 \times 2^2}{2 \times 9.81} \right] \\
 &= 0.06 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Head akibat 1 Tee ($K=0.5$)

$$\begin{aligned}
 H_m &= n \times \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\
 &= 1 \times \left[\frac{0.5 \times 2^2}{2 \times 9.81} \right] \\
 &= 0.045 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- H_{total}
 $H = 0.4 + 0.06 + 4 \text{ m}$
 $H = 4.46$

Pompa yang digunakan pada bak ekualisasi adalah pompa yang ditentukan dari brosur spesifikasi pompa berdasarkan debit discharge pompa, *head* sistem dan *head* pompa yang telah dihitung. Hasil penentuan pompa yaitu menggunakan pompa dengan jenis:

- Nama produk : Ebara DWM Vox 75
- Nomor produk : 1589030021

Berikut ini merupakan Gambar Yang merupakan tampilan dari pompa yang digunakan. Pompa ini memiliki debit maksimum 24 m³ / jam dan head maksimum 10 m.



Gambar 5. 16 Pompa Ebara DWM Vox 75

5.19. Rancangan *Grease Trap*

Unit *grease trap* digunakan untuk mengolah *grey water* dari seluruh unit pada Rumah Susun Gunungsari Kota Surabaya. Berikut adalah perhitungan *grease trap*:

- Influent
 - Debit grey water = Debit penggunaan air bersih x 80%
= 172 Liter/orang.hari x 80%
= 138 Liter/orang.hari
 - Q_{peak} grey water = Debit greywater x f_p
= 138 Liter/orang.hari x 1.35
= 185.76 Liter/orang.hari
 - Jumlah penghuni = 1258 orang
 - Q_{total} grey water = Q_{peak} grey water x jumlah penghuni
= 186 L/orang.hari x 1258 orang
= 233988 L/hari ~ 234 m³/hari
 - Konsentrasi minyak dan lemak = 16.00 mg/L
 - Beban minyak dan lemak = Q_{total} x konsentrasi minyak
= 234 m³/hari x 16 mg/L
= 3,75 Kg/hari

- Dimensi Kompartemen

- Waktu detensi (td) = 15 menit (rencana)
- Volume GT = $Q_{\text{total}} \times t_d$
 $= (234 \text{ m}^3/\text{hari} : 1440 \text{ menit/jam}) \times 15 \text{ menit}$
 $= 2.5 \text{ m}^3$
- Kedalaman efektif = 1 m (rencana)
- *Freeboard* = 0.3 m
- Kedalaman total = 1 m + 0.3 m
 $= 1.3 \text{ m}$
- A surface = Volume : H efektif
 $= 2.5 \text{ m}^3 / 1 \text{ m}$
 $= 2.5 \text{ m}^2$
- P : L = 2 : 1
- Lebar = $\sqrt{\frac{A \text{ surface}}{2}}$
 $= \sqrt{\frac{2.5}{2}} = 1.11 \text{ m} \approx 1,2 \text{ m}$
- Panjang = A surface : Lebar
 $= 2.5 \text{ m}^2 : 1,2 \text{ m}$
 $= 2,08 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$

- Efisiensi Penyisihan

- Persen penyisihan minyak = 95% (Wongthanate et al, 2014)
- Konsentrasi minyak tersisihkan = %R x konsentrasi minyak
 $= 95\% \times 16 \text{ mg/L}$
 $= 15.2 \text{ mg/L}$
- Beban minyak tersisihkan = %R x beban minyak inlet
 $= 95\% \times 3.75 \text{ Kg/hari}$
 $= 3.56 \text{ Kg/hari}$
- Densitas minyak = 0.8 Kg/cm³ (Priyanka, 2012)
- Endapan minyak = Beban minyak / Densitas
 $= 3.56 \text{ Kg/hari} / 0.8 \text{ Kg/cm}^3$
 $= 4.45 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{hari}$

- Effluent

- $Q_{\text{ef}} = Q_{\text{in}}$ = 234 m³/hari
- Konsentrasi minyak *eff* = Konsentrasi *influent* - tersisihkan
 $= 16 \text{ mg/L} - 15.2 \text{ mg/L}$
 $= 0.8 \text{ mg/L}$

- Beban minyak *eff* = Beban (*influent* – tersisihkan)
= 3.75 Kg/hari – 3.56 Kg/hari
= 0.19 Kg/hari

Pada unit *grease trap* tidak terjadi penyisihan BOD, COD, dan TSS yang signifikan, sehingga konsentrasi *effluent grease trap* dianggap sama dengan konsentrasi *influentnya*.

5.20. Rancangan ABR

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) merupakan unit IPAL untuk Alternatif 1. Unit ini telah terintegrasi dengan bak pengendap. Perhitungan untuk ABR adalah sebagai berikut:

5.20.1. Perhitungan Dimensi

Perhitungan dimensi didasarkan pada kriteria desain bangunan IPAL. Menurut sasse (1998), kriteria desain *AnaerobicBaffled Reactor* adalah sebagai berikut:

1. *Upflow Velocity* = 1,2–2 m/jam
2. Penyisihan BOD = 70% - 90%
3. *Organic loading* = < 3 kg COD/m³.hari
4. HRT = ≥ 8 jam
5. Panjang Kompartemen = 50%-60% dari kedalaman
6. Rasio SS/COD = 0,35 – 0,45

Direncanakan :

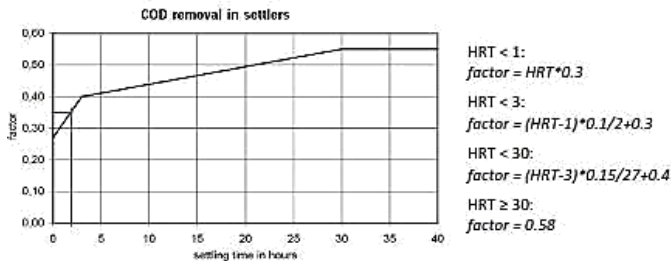
- Qave = 234 m³/hari
- CODin = 182 mg/L
- BODin = 105 mg/L
- TSSin = 140 mg/L
- Suhu air = 28 °C
- Rasio BOD/COD = 0,57
- Rasio SS/COD = 0,4 (ketentuan 0,35 – 0,45)
- Operasional = 21 jam

Perhitungan :

- Qper jam = $Q_{ave} / \text{waktu pengaliran}$
 $= 234 \text{ m}^3/\text{hari} / 21 \text{ jam}$
 $= 8.2 \text{ m}^3/\text{jam}$

- %Removal COD = rasio SS/COD / 0,6 x faktor HRT

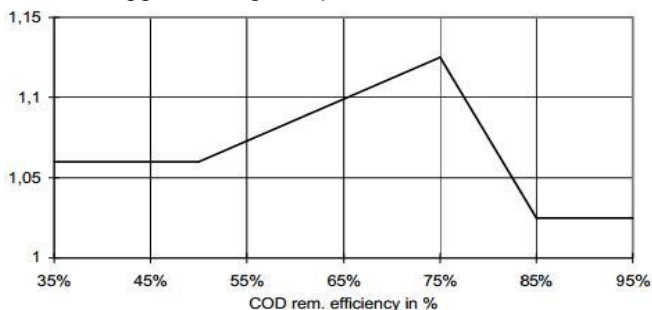
Faktor HRT adalah faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada Tangki Septik dengan lamanya waktu tinggal air pada unit tersebut (*Hydraulic Retention Time*). Penentuan faktor HRT ini berdasarkan grafik pada Gambar 5.17.



Gambar 5. 17 Hubungan Antara Removal COD dengan HRT

- Faktor HRT = $(HRT - 1) \times (0,1/2) + (0,3)$
 $= (2 - 1) \times (0,1/2) + (0,3)$
 $= 0,35$
- % removal COD = $0,4 / 0,6 \times 0,35$
 $= 21\%$

Untuk menentukan persentase removal BOD, harus ditentukan terlebih dahulu rasio removal BOD/COD yang dapat ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 5.18.



Gambar 5. 18 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan BOD

Dari perhitungan sebelumnya didapat removal COD yaitu sebesar 21%. Apabila dihubungkan dengan Gambar 5.17, maka didapat rasio removal BOD/COD yaitu sebesar 1,06. Meskipun dalam grafik tidak terdapat efisiensi removal yang didapat, kita dapat menarik garis lurus dari batas minimum efisiensi pada grafik hingga persentase efisiensi yang kita dapat. Sehingga, dapat dicari efisiensi removal BOD dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ removal BOD} &= \text{rasio remBOD/remCOD} \times \% \text{ removal COD} \\
 &= 1,06 \times 21\% \\
 &= 22\% \\
 \text{COD removal} &= \text{CODin} \times \% \text{ removal COD} \\
 &= 182 \text{ mg/L} \times 21\% \\
 &= 38.22 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD removal} &= \text{BODin} \times \% \text{ removal BOD} \\
 &= 105 \times 22\% \\
 &= 23,1 \text{ mg/L} \\
 \text{COD ef} &= \text{CODin} \times (1 - \% \text{ removal COD}) \\
 &= 182 \text{ mg/L} \times 79\% \\
 &= 143,78 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD ef} &= \text{BODin} \times (1 - \% \text{ removal BOD}) \\
 &= 105 \times 78\% \\
 &= 81.9 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

TSS efluen dapat diketahui dengan mengalikan rasio SS/COD dan COD efluen. Sehingga didapat:

$$\begin{aligned}
 \text{TSS ef} &= \text{rasio SS/COD} \times \text{COD ef} \\
 &= 0,4 \times 143.78 \text{ mg/L} \\
 &= 57.5 \text{ mg/L} \\
 \% \text{ removal TSS} &= (\text{TSS in} - \text{TSS ef}) / \text{TSS in} \times 100\% \\
 &= (140 \text{ mg/L} - 57,5 \text{ mg/L}) / 140 \text{ mg/L} \times 100\% \\
 &= 41\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan dimensi tangki septik yang berfungsi sebagai bak pengendap adalah sebagai berikut:

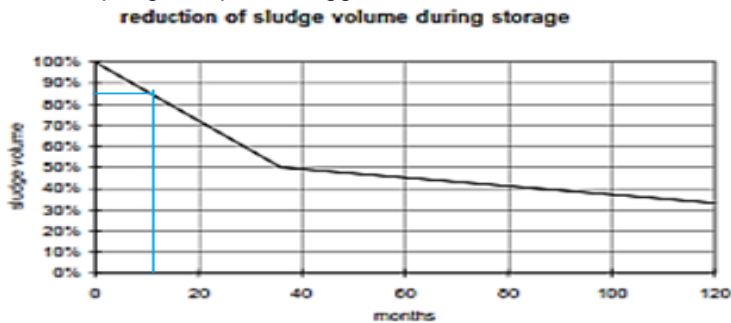
Direncanakan :

Jumlah kompartemen = 1 buah

Hair di *inlet* = 2 m

Waktu pengurasan = 12 bulan

Setelah direncanakan waktu pengurasan lumpur pada bak pengendap maka dicari volume lumpur setelah reduksi pada masa pengendapan menggunakan Gambar 5.19.



Gambar 5. 19 Grafik Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan

Dengan memasukkan perencanaan masa simpan lumpur kedalam grafik, maka didapatkan penurunan volume lumpur hingga 85%

Perhitungan :

Lumpur/ BOD rem	= 0,005 x faktor reduksi lumpur
	= 0,005 x 85%
	= 0,0036 L/g BOD rem
BOD rem	= 23.1 mg/L
Volume lumpur	= Lumpur/ BOD rem x BOD rem/ 1000
BOD	= 0,0036 L/g BOD rem x 23.1 mg/L /1000
	= 0.00008316 m ³ /m ³
Volume lumpur total	= volume lumpur BOD x
	waktupengurasan x Qave
	= 0,00008316 m ³ / m ³ x 12 bulan x
	234m ³ /hari
	= 5,8 m ³
Volume air	= HRT x debit puncak
	= 18.7 m ³
Volume total	= 24.5 m ³

Luas Permukaan bak	= volume total / kedalaman
	= $13,25 \text{ m}^2$
Rasio panjang : lebar	= 3 : 2
Luas permukaan	= panjang x lebar
Panjang	$\approx 4.5 \text{ m}$
Lebar	$\approx 3 \text{ m}$
Cek luas permukaan	= panjang x lebar
	= $4.5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$
	= 13.5 m

Perhitungan biogas tangki septik diasumsikan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi CH_4 (*methane*), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50 % dari gas metana tersebut menjadi bioflok (Sasse, 1998) maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Produksi gas} &= \text{COD rem} \times Q \times 0,35 / 1000 \times 0,7 / 0,5 \\ &= 58,87 \text{ mg/L} \times 234 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,35/1000 \times 0,7 \times 0,5 \\ &= 1,82 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Selanjutnya, untuk melakukan perhitungan dimensi dan removal pada ABR, maka dilakukan perhitungan dengan cara sebagai berikut:

Diketahui:

COD _{in}	= 143.78 mg/L
BOD _{in}	= 81.9 mg/L
TSS _{in}	= 57,5 mg/L

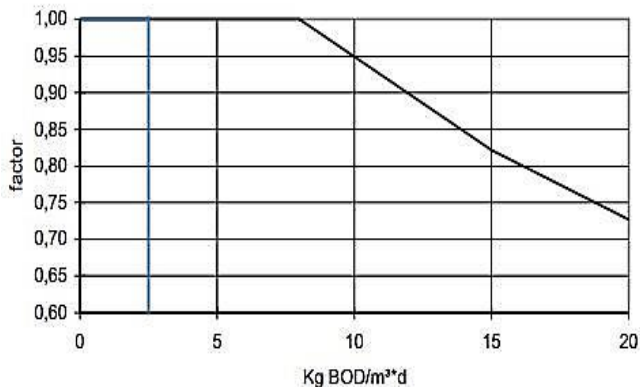
Direncanakan :

Q average	= $234 \text{ m}^3/\text{hari}$
Kecepatan upflow	< 2 m/jam
HRT	= 10 jam
H air	= 2 m
OLR	< $3 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari}$
Lebar bak	= lebar bak pengendap
Panjang kompartemen	= 50% - 60% kedalaman ABR
Panjang kompartemen	= 1 m

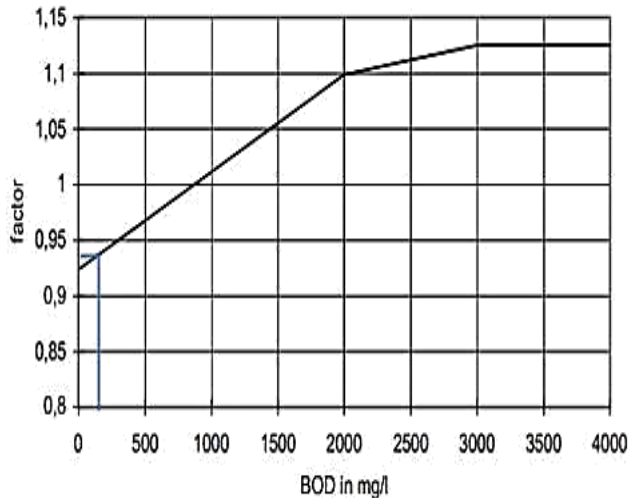
Perhitungan :

Efisiensi penyisihan pada *Anaerobic Baffled Reactor*, dihitung berdasarkan empat faktor. Keempat faktor tersebut meliputi :

- a. *f-overload*, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara penyisihan BOD akibat beban organik yang berlebih dengan OLR yang sudah direncanakan. Penentuan *f-overload* ini berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 5.20 tentang Hubungan antara removal BOD dengan beban organik pada ABR. Berdasarkan grafik tersebut, dengan OLR yang direncanakan sebesar $< 3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$ didapat *F-overload* sebesar 1.
- b. Faktor kekuatan (*f-strength*), yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada unit ABR, dengan kekuatan atau konsentrasi BOD yang ada pada air limbah yang akan diolah. Penentuan *f-strength* ini berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 5.21 yaitu Grafik hubungan efisiensi removal COD dengan kualitas air limbah pada *anaerobic baffled reactor*. Berdasarkan grafik tersebut, dengan memasukkan konsentrasi BOD influen ABR yaitu sebesar $81,9 \text{ mg/L}$, maka didapat *f-strength* sebesar 0,93.

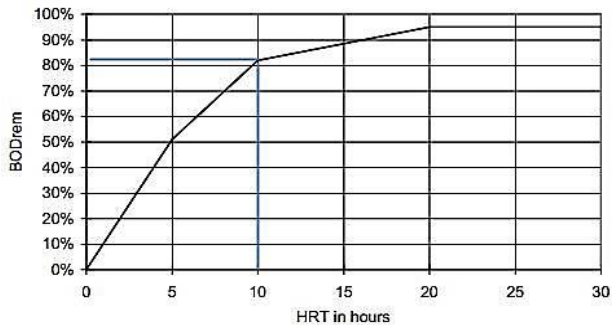


Gambar 5. 20 Grafik Hubungan antara Removal COD dengan Beban Organik pada ABR

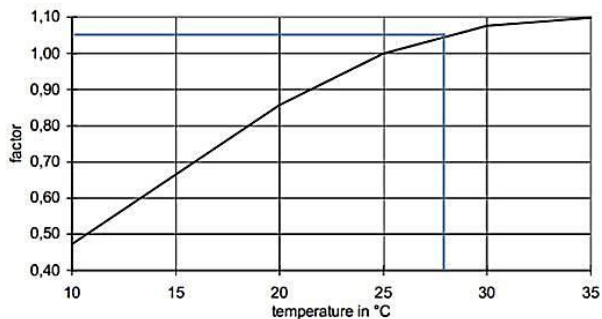


Gambar 5. 21 Grafik Hubungan antara Faktor Removal dengan Konsentrasi BOD pada ABR

- c. F-HRT, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada unit ABR dengan HRT. Penentuan F-HRT ini berdasarkan pada grafik yang tertera pada Gambar 5.13. Berdasarkan grafik tersebut, dengan memasukkan nilai HRT pada ABR yaitu 10 jam, maka akan didapat F-HRT sebesar 0,82.
- d. *F-temperature* yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD yang ada pada ABR dengan suhu air limbah yang akan diolah. Penentuan *f-temperature* ini berdasarkan pada grafik yang tertera pada Gambar 5.21 yaitu Grafik Hubungan efisiensi removal COD dengan temperatur pada ABR. Berdasarkan grafik tersebut, dengan suhu air yang akan diolah pada IPAL Anaerobic Filter ini sebesar 28^oC, maka didapatkan F-temp sebesar 1,07.



Gambar 5. 22 Grafik Hubungan antara HRT dengan COD removal

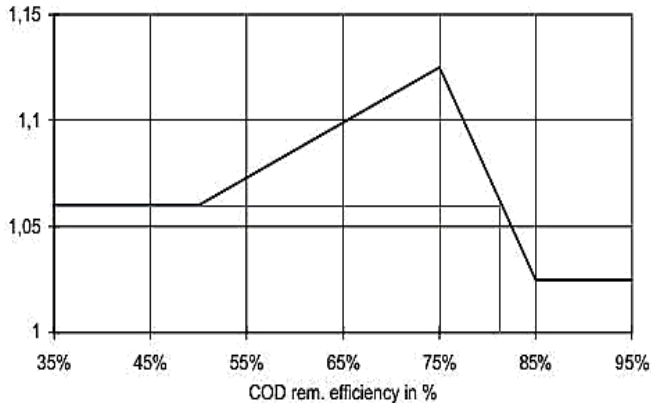


Gambar 5. 23 Grafik Hubungan antara Suhu Pengolahan dengan Faktor Removal

Setelah keempat faktor tersebut diketahui besarnya, maka dapat diketahui removal COD pada *Anaerobic Baffled Reactor* dengan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \% \text{remCOD pada ABR} &= F\text{-overload} \times F\text{-strength} \times F\text{-HRT} \times F\text{-temp} \\
 &= 1 \times 0,93 \times 0,82 \times 1,07 \\
 &= 80\% \\
 \text{COD}_{\text{ef ABR}} &= \text{COD}_{\text{inf ABR}} \times (1 - \text{COD}_{\text{rem ABR}}) \\
 &= 143,78 \text{ mg/L} \times (1 - 0,80) \\
 &= 28,75 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Kemudian, dicari removal BOD menggunakan Gambar 5.24 tentang hubungan efisiensi removal COD dengan removal BOD.



Gambar 5. 24 Faktor Removal BOD dengan COD Removal

Dari grafik tersebut, dapat diketahui BOD removal berdasarkan COD removal. Dari hasil perhitungan, didapat COD removal sebesar 80%. Apabila disesuaikan dengan grafik tersebut, maka didapat faktor penyisihan BOD/COD sebesar 1,06.

TSS *effluent* dapat diketahui dengan mengalikan rasio SS/COD dan COD efluen. Sehingga didapat:

$$\% \text{ BOD penyisihan Total} = \% \text{ COD penyisihan Total} \times \text{factor penyisihan BOD/COD}$$

$$= 80 \% \times 1.06$$

$$= 85\%$$

$$\text{BOD}_{\text{ef}} = (1 - \% \text{ penyisihan BOD}) \times \text{BOD}_5 \text{ Influent}$$

$$= (1 - 0.85) \times 81.9$$

$$= 12.2 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{eff}} = \text{rasio SS/COD} \times \text{COD ef}$$

$$= 0,4 \times 28.75 \text{ mg/L}$$

$$= 11.5 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ removal TSS} = (\text{TSS in} - \text{TSS ef}) / \text{TSS in} \times 100\%$$

$$= (57.5 \text{ mg/L} - 11.5 \text{ mg/L}) / 57,5 \text{ mg/L} \times$$

$$\begin{aligned}
 &100\% \\
 &= 80\% \\
 \text{TSS removal} &= \text{TSS in} - \text{TSS ef} \\
 &= 57.5 \text{ mg/L} - 11.5 \text{ mg/L} \\
 &= 46 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

TSS *effluent* dapat diketahui dengan mengalikan rasio SS/COD dan COD effluen. Sehingga didapat:

$$\begin{aligned}
 \text{TSS}_{\text{eff}} &= \text{rasio SS/COD} \times \text{COD ef} \\
 &= 0,4 \times 28.75 \text{ mg/L} \\
 &= 11.5 \text{ mg/L} \\
 \% \text{ removal TSS} &= (\text{TSS in} - \text{TSS ef}) / \text{TSS in} \times 100\% \\
 &= (57.5 \text{ mg/L} - 11.5 \text{ mg/L}) / 57,5 \text{ mg/L} \times 100\% \\
 &= 80\% \\
 \text{TSS removal} &= \text{TSS in} - \text{TSS ef} \\
 &= 57.5 \text{ mg/L} - 11.5 \text{ mg/L} \\
 &= 46 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Maka didapat *effluent* akhir dari ABR adalah sebagai berikut:

- a. BOD *effluent* = 12.2 mg/L
- b. COD *effluent* = 28,75 mg/L
- c. TSS *effluent* = 11.5 mg/L

Hasil dari *effluent* air limbah yang telah diolah, nantinya akan langsung dibuang ke saluran air terbuka yang kemudian dialirkan menuju sungai di sekitar tempat tersebut. Tidak ada penggunaan lebih lanjut untuk hasil effluen tersebut. Maka dari itu, akan dijadikan saran untuk perencanaanselanjutnya mengenai pemanfaatan air limbah hasil pengolahan *effluent*.Selanjutnya, untuk melakukan perhitungan dimensi pada kompartemen ABR, maka diperlukan data sebagai berikut:

- a. Lebar kompartemen = Lebar bak pengendap
- b. Kedalaman = 2 m
- c. Panjang kompartemen = 1,2 m (60% dari kedalaman)

Maka didapat volume kompartemen ABR adalah sebagai berikut:

$$V \text{ kompartemen ABR} = p \times l \times t$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 1.2 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ \text{Volume} &= 7.2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Setelah didapat volume dari tiap kompartemen, maka dapat dicari jumlah kompartemen dengan membagi jumlah debit yang dikalikan dengan waktu tinggal pada ABR. Kemudian, dari debit yang telah didapat, maka dapat dicari jumlah kompartemen dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah kompartemen (n)} &= \text{Debit} \times \text{volume kompartemen} \\ &= 8.2 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam} / 7.2 \text{ m}^3 \\ &= 11,3 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}\end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung volume keseluruhan dari ABR menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Volume total ABR} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \times \text{jumlah} \\ &\quad \text{Kompartemen} \\ &= 1,2 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 12 \text{ buah} \\ &= 86,4 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$Q \text{ masuk} = 8.2 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam} = 82 \text{ m}^3$$

Maka, volume ABR tersebut memenuhi.

$$\begin{aligned}\text{Cek OLR} &= \text{Debit Rata-rata} \times \text{CODin} / (\text{volume total} \\ &\quad \text{ABR} \times 1000) \\ &= 234 \text{ m}^3/\text{hari} \times 182 \text{ mg/L} / 86.4 \text{ m}^3 \\ &\quad \times 1000) \\ &= 0,26 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek } V \text{ upflow} &= \text{debit rata-rata} / \text{luas permukaan} \\ &\quad \text{kompartemen} \\ &= 86.4 \text{ m}^3/\text{jam} / 43.2 \text{ m}^2 \\ &= 2 \text{ m/jam} \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

Perhitungan biogas tangki septik diasumsikan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi CH₄ (methane), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50 % dari gas metana tersebut larut. Maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi gas} &= \text{COD rem} \times Q \times 0,35 / 1000 \times 0,7 / 0,5 \\
 &= 115,19 \times 234 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,35 / 1000 \times 0,7 \times 0,5 \\
 &= 2,4 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Efisiensi removal total untuk ABR dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \% \text{removal COD total} &= [1 - (\text{COD out (mg/L)} / \text{COD in (mg/L)})] \\
 &\quad \times 100\% \\
 &= 86\% \\
 \% \text{removal BOD total} &= [1 - (\text{BOD out (mg/L)} / \text{BOD in (mg/L)})] \\
 &\quad \times 100\% \\
 &= 90\% \\
 \% \text{removal TSS total} &= [1 - (\text{TSS out (mg/L)} / \text{TSS in (mg/L)})] \times \\
 &\quad \times 100\% \\
 &= 91\%
 \end{aligned}$$

Produksi biogas total dapat dihitung dengan cara seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi gas} &= \text{produksigasbakpengendap} + \\
 &\quad \text{produksi gas ABR} \\
 &= 0,6 \text{ m}^3/\text{hari} + 2,4 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 3 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Produksi dari biogas ini akan langsung di buang. Padahal, hasil gas dari pengolahan tersebut dapat dimanfaatkan. Maka dari itu, akan dijadikan saran untuk perencanaan selanjutnya mengenai pemanfaatan biogas dari hasil pengolahan air limbah tersebut.

Untuk *Detailed Engineering Design* (DED) unit *AnaerobicFilter*, dapat dilihat pada Lampiran C. Setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan dimensi ABR adalah sebagai berikut:

- a. Panjang bak pengendap = 4,5 m
- b. Lebar bak pengendap = 3 m
- c. Tinggi bak pengendap = 2,3 m
- d. Panjang kompartemen ABR = 1,2 m
- e. Lebar kompartemen ABR = 3, m
- f. Tinggi kompartemen ABR = 2,3 m

g. Jumlah kompartemen ABR = 12 Buah

B. Mass Balance

Perhitungan *Mass balance* diperlukan untuk mengetahui apakah terjadi kehilangan massa pada saat proses pengolahan terjadi. Pengecekan *Mass Balance* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Inlet

$$\begin{aligned}\text{MCODin} &= \text{CODin} \times \text{Qave} \\ &= 182 \text{ mg/l} \times 234 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 42.5 \text{ kg/hari} \\ \text{MBODin} &= \text{BODin} \times \text{Qave} \\ &= 105 \text{ mg/l} \times 234 \\ &= 24.5 \text{ kg/hari} \\ \text{MTSSin} &= \text{TSSin} \times \text{Qave} \\ &= 140 \text{ mg/l} \times 234 \\ &= 32.7 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

2. Massa Terolah

$$\begin{aligned}\text{MCODrem} &= 86 \% \times 42.5 \text{ kg/hari} \\ &= 36.65 \text{ kg/hari} \\ \text{MCODgas} &= 30\% \times 36.65 \\ &= 10.9 \text{ kg/hari} \\ \text{MCODsolid} &= 25.6 \\ \text{MBODrem} &= 90 \% \times 24.5 \text{ kg/hari} \\ &= 22.05 \text{ kg/hari} \\ \text{MTSSrem} &= 91 \% \times 32.7 \\ &= 29.757 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

3. Effluen

$$\begin{aligned}\text{MCODef} &= \text{CODef} \times \text{Qave} \\ &= 28.75 \text{ mg/l} \times 234 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 6.7 \text{ kg/hari} \\ \text{MBODef} &= \text{BODef} \times \text{Qave} \\ &= 12.2 \text{ mg/l} \times 234 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 6.7 \text{ kg/hari} \\ \text{MTSSef} &= \text{BODef} \times \text{Qave} \\ &= 11.5 \text{ mg/l} \times 234 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2.6 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

C. Profil Hidrolis

Profil hidrolis merupakan gambaran perbandingan tentang permukaan air dengan elevasi tanah. Profil hidrolis ini dihitung dengan memperkirakan seberapa besar penurunan muka air (headloss) akibat adanya gesekan, belokan, jatuhan, kecepatan air di bangunan, dan akibat adanya gesekan air dengan media. Persamaan yang digunakan untuk mempertimbangkan headloss yang terjadi pada bangunan :

1.Headloss karena kecepatan aliran

$$H_f = f \frac{L v^2}{4R^2g}$$

$$F = 1.50 (0.01989 + 0.0005078/4R)$$

2.Headloss akibat perforated baffle

$$H_F = 0.051 \times k \times v$$

3.headloss akibat aliran *upflow*

$$H_f = 8.9 \times 10^{-5} \times v^{-2}$$

4.Headloss Akibat Jatuhan

$$H_f = (Q/2(1.86))^{2/3}$$

Di mana :

V= kecepatan aliran di bangunan (m/s)

R= jari-jari hidrolis (m^2/m)

g= percepatan gravitasi (m/s^2)

L= Lebar bangunan (m)

K= Konstanta (K=0,51; orifice)

x= diameter media ataupun tebal (m)

l= panjang aliran di bangunan (m)

maka dapat dihitung *headloss* pada ABR adalah sebagai berikut:

1.Headloss karena kecepatan aliran

$$H_f = f \frac{L v^2}{4R^2g}$$

$$F = 1.50 (0.01989 + 0.000555^2/4.0.0001) \\ = 0.005$$

2.Headloss akibat perforated baffle

$$H_F = 0.051 \times 0.5 \times 0.000555 \\ = 0.001$$

3.headloss akibat aliran *upflow*

$$H_f = 8.9 \times 10^{-5} \times 0.00055^{-2}$$

$$= 0.00048$$

4. Headloss Akibat Jatuhan

$$H_f = (0.002 / 2(1.86))^{2/3}$$

$$= 0.0056$$

$$H_f = (0.005 + 0.001 + 0.00048 + 0.0056) \times 12$$

$$= 0,14 \text{ m}$$

5.21. Perhitungan Sistem Penyaluran Air Limbah

Sistem penyaluran air limbah yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah sistem *small bore sewer*. Sistem merupakan jenis sistem dengan pipa tertutup, dan diameter yang kecil. Sistem ini dipilih karena sudah ada tangki septik eksisting yang memisahkan antara padatan dan cairan dalam air buangan *blackwater* sehingga air buangan yang akan dialirkan hanya berupa cairan. Hal ini menghasilkan sistem yang dapat berjalan dengan *slope* yang landai dan diameter pipa yang tidak terlalu besar dengan diameter minimum 50 mm. Slope yang dibutuhkan untuk membangun saluran *small bore sewer* tidak perlu terlalu miring. Sebab, sistem aliran pada *small bore sewer* menerapkan sistem aliran dengan pipa penuh, sehingga *slope* atau kemiringan pipa tidak perlu terlalu besar. *Slope* minimum yang diperlukan untuk mengalirkan air pada sistem *small bore sewer* adalah sebesar 2,5%

Perhitungan diameter pipa air limbah dibutuhkan untuk memenuhi kecepatan pengaliran yang dibutuhkan agar tidak terdapat penyumbatan maupun penggerusan dalam pipa. Perhitungan diameter pipa air limbah adalah sebagai berikut.

➤ Contoh perhitungan untuk pipa jalur A-B

- $Q_{\text{peak}} = 0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q_{\text{min}} = 0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$
 - Kecepatan aliran (V) direcanakan 0,6 m/s
 - Slope direcanakan 3%
 - Luas area penampang pipa (A):
- $$A = \frac{Q_{\text{peak}}}{V}$$
- $$= \frac{0,0003 \text{ m}^3/\text{s}}{0,6 \text{ m/s}}$$
- $$= 0,0005 \text{ m}^2$$
- Dari luas penampang dapat diketahui diameter pipa (D):

$$\begin{aligned}
 D &= \sqrt{0,0005 / \pi \times 2} \\
 &= 0,014 \text{ m} \\
 &= 14 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diameter pipa yang dipakai adalah 2" sehingga dipakai pipa merk wavin standard kelas D yang memiliki diameter dalam adalah 60 mm = 0,06 m, maka diperoleh nilai V sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{cek} &= Q_{peak} / A \\
 &= 0,0003 \text{ m}^3/\text{s} / 0,0028 \text{ m}^2 \\
 &= 0,106 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diameter pipa secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5. 22 Perhitungan Diameter Pipa

Jalur	Tipe Saluran	Panjang Pipa (m)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Q rata rata	Qpeak	kecepatan aliran
A-B	Sekunder	39.0	172	0.00027	0.00036	0.6
C-D	Sekunder	39.0	172	0.00027	0.00036	0.6
E-F	Sekunder	39.0	172	0.00027	0.00036	0.6
G-H	Sekunder	39.0	173	0.00028	0.00036	0.6
I-J	Sekunder	63.0	142	0.00023	0.00029	0.6
K-L	Sekunder	63.0	142	0.00023	0.00029	0.6
M-N	Sekunder	63.0	142	0.00023	0.00029	0.6
O-P	Sekunder	63.0	143	0.00023	0.00030	0.6
B-D	Primer	4.0	344	0.00055	0.00071	0.6
D-H	Primer	56.0	689	0.00110	0.00143	0.6
H-Q	Primer	95.5	1258	0.00200	0.00260	0.6

Lanjutan Tabel 5.22 Perhitungan Diameter Pipa

Luas penampang	D hitung	D pakai	V cek	Q min
0.00059	0.027497	0.1	0.080646	0.0004

Luas penampang	D hitung	D pakai	V cek	Q min
0.00059	0.027497	0.1	0.080646	0.0004
0.00059	0.027497	0.1	0.080646	0.0004
0.00060	0.027576	0.1	0.081115	0.0004
0.00049	0.024984	0.1	0.06658	0.0003
0.00049	0.024984	0.1	0.06658	0.0003
0.00049	0.024984	0.1	0.06658	0.0003
0.00049	0.025072	0.1	0.067049	0.0009
0.00119	0.038886	0.1	0.161293	0.0003
0.00238	0.055033	0.1	0.323054	0.0002
0.00434	0.074362	0.1	0.589843	0.00042

5.2 Perhitungan penanaman Pipa

➤ Contoh perhitungan untuk pipa jalur a-b

Elevasi medan A = 5 m

Elevasi medan B = 5 m

Penanaman pipa = 0,5 m

Slope pipa 0,003%

Elevasi pipa rencana A = 5 m – 0.5 m = 4.5 m

Elevasi pipa rencana B = 1.24 m – (0,003 x 20 m)
= 4.4 m

Panjang pipa (L) = 39 m

Beda elevasi = L x Slope = 39 x 0,003 = 0,01 m

Diameter pipa = 100 mm

• Elevasi awal pipa

Dasar Pipa = elevasi pipa eksisting a
= 4.5 m

Punggung Pipa = elevasi pipa eksisting A + diameter
= 0,24 + 0,01
= 4.4 m

• Elevasi akhir pipa

Dasar Pipa = elevasi dasar pipa eksisting a – ΔH
= 4.4 – 0,01
= 4.3 m

Punggung Pipa = elevasi akhir dasar pipa + diameter
 $= 4.3 + 0,1$
 $= 4.4 \text{ m}$

• Kedalaman penanaman

Kedalaman awal

= elevasi medan awal – elevasi awal pipa
 A dasar – pondasi pasir
 $= 5 \text{ m} - 4.4 - 0.1 \text{ m} = 0,7 \text{ m}$

Kedalaman akhir = elevasi medan akhir – elevasi akhir pipa c
 dasar
 $= 5 - 4.3 - 0.1 = 0.8 \text{ m}$

Perhitungan penanaman pipa secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5. 23 Perhitungan Penanaman Pipa

Saluran	Jenis Saluran	Panjang	Diameter	Elevasi Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
				Awal	Akhir		
		(m)	(mm)	(m)	(m)		
A-B	Sekunder	39.0	100	5	5	0.0000	0.0030
C-D	Sekunder	39.0	100	5	5	0.0000	0.0030
E-F	Sekunder	39.0	100	5	5	0.0000	0.0030
G-H	Sekunder	39.0	100	5	5	0.0000	0.0030
I-J	Sekunder	63.0	100	5	5	0.0000	0.0030
K-L	Sekunder	63.0	100	5	5	0.0000	0.0030
M-N	Sekunder	63.0	100	5	5	0.0000	0.0030
O-P	Sekunder	63.0	100	5	5	0.0000	0.0030
B-D	Primer	4.0	100	5	5	0.0000	0.0040
D-H	Primer	56.0	100	5	5	0.0000	0.0040
H-Q	Primer	95.5	100	5	5	0.0000	0.0040

Lanjutan Tabel 5.23 perhitungan penanaman pipa.

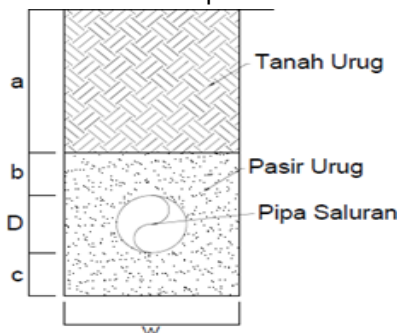
Head Loss	Keadaan Awal		Keadaan Akhir		Pondasi Pasir Bawah	Kedalaman Penanaman	
	El. Atas Pipa	El. Bawah Pipa	El. Atas Pipa	El. Bawah Pipa		Awal	Akhir
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0.117	4.5	4.4	4.4	4.3	0.1	0.70	0.82
0.117	4.5	4.4	4.4	4.3	0.1	0.70	0.82
0.117	4.5	4.4	4.4	4.3	0.1	0.70	0.82
0.117	4.5	4.4	4.4	4.3	0.1	0.70	0.82
0.189	4.5	4.4	4.3	4.2	0.1	0.70	0.89
0.189	4.5	4.4	4.3	4.2	0.1	0.70	0.89
0.189	4.5	4.4	4.3	4.2	0.1	0.70	0.89
0.189	4.5	4.4	4.3	4.2	0.1	0.70	0.89
0.016	4.2	4.1	4.4	4.3	0.1	0.80	0.82
0.224	4.3	4.2	4.1	4.0	0.1	0.90	1.12
0.382	4.1	4.0	3.7	3.6	0.1	1.10	1.48

5.3 Bill of Quantity (BOQ)

5.3.1 Sistem Penyaluran Air Limbah

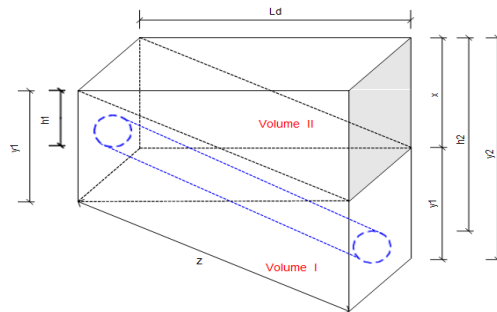
A. BOQ

BOQ pipa terdiri dari jumlah pipa dan pekerjaan pipa seperti volume galian dan volume tanah urug yang digunakan. Penggalan pipa direncanakan seperti Gambar 5.25.



Gambar 5. 25 Galian Normal Pipa Penyalur Air Limbah

Diketahui bahwa, w adalah lebar galian dengan penentuan yaitu diameter pipa ditambah 10 cm sebelah kanan dan kiri pipa yang nantinya samping pipa diberi pasir urug. b dan c adalah tinggi urug pasir, dalam perencanaan ini, direncanakan nilai b dan c sebesar 10 cm. Bentuk galian yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 5.26 mengenai Bentuk Galian Rencana Saluran.



Gambar 5. 26 Bentuk Galian Rencana Saluran

Gambar bentuk galian yang direncanakan merupakan bentuk galian sepanjang pipa SPAL yang dibuat. Perhitungan BOQ untuk galian pipa adalah sebagai berikut:

volume galian I	$= [(0,1 \times 2) + D] \times y_1 \times z$
volume galian II	$= \frac{1}{2} [(0,1 \times 2) + D] \times x \times z$
volume galian total	$= v. \text{ galian I} + v. \text{ galian II}$
volume pipa	$= 0,25 \times \pi \times D^2 \times z$
volume urug pasir	$= [(0,1 \times 2) + D] \times (b + D + c) \times z$
	$- \text{volume pipa}$
volume sisa galian	$= \text{volume galian total} - \text{volume urugan}$

Di mana:

- D = diameter pipa
- h = kedalaman penanaman pipa
- h1 = kedalaman penanaman pipa awal
- h2 = kedalaman pipa akhir

y = kedalaman galian = h + c

y1 = kedalaman galian awal

y2 = kedalaman galian akhir

x = y2 – y1

z = [(y2) + (L pipa2)]1/2

Karena pada sistem penyaluran air limbah ini menggunakan sistem small bore sewer, maka diameter pipa yang akan digunakan sudah ditentukan sebelumnya. Sedangkan, apabila terjadi kekurangan pada saat Qfull nanti ketika dilakukan perhitungan, maka diameter pipa air limbah harus diganti sehingga Qfull dari pipa tersebut tidak kurang dari debit yang terlayani.

Kedalaman pipa digunakan dengan kedalaman minimum setinggi 0,5 meter. Hal ini disebabkan karena minimnya tekanan yang diperoleh dari pipa sehingga tidak diperlukan penanaman yang dalam. Selain itu, kedalaman pipa juga direncanakan tidak terlalu dalam dari permukaan agar mudah dalam penanamannya. Kedalaman diusahakan agar tidak melebihi 5 meter.

Kedalaman penanaman ialah kedalaman dari permukaan tanah, hingga elevasi bawah pipa yang ditambah dengan pondasi pasir. Pondasi pasir pada pipa diperuntukkan untuk meredam adanya guncangan dari permukaan, sehingga pipa tidak mudah rusak. Kedalam pondasi pasir biasanya memiliki ketebalan setebal 10 cm.

Volume sisa galian adalah galian yang tersisa dan tidak digunakan / dikembalikan lagi dalam pembangunan. Sisa galian dari tanah ini nantinya akan dibawa menuju site yang nantinya akan dibawa kembali ketika ada yang membutuhkan tanah untuk kepentingan lainnya.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan BOQ untuk sistem penyaluran air limbah ini. perhitungan BOQ ini nantinya akan digunakan untuk membuat Rancangan Anggaran Biaya (RAB) pada sistem penyaluran air limbah tersebut. Seluruh kegiatan yang ada dalam perencanaan ini nantinya akan disesuaikan

dengan ketentuan pada HSPK kota Surabaya Tahun 2017. untuk perhitungan rinci BOQ SPAL dapat dilihat Tabel 5. 24

Saluran	Jenis Saluran	Panjang	Diameter	Kedalaman Penanaman		Kedalaman Galian	
				Awal	Akhir	Awal	Akhir
		(m)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m)
A-B	Sekunder	39	100	0.7	0.82	0.8	0.9
C-D	Sekunder	39	100	0.7	0.82	0.8	0.9
E-F	Sekunder	39	100	0.7	0.82	0.8	0.9
G-H	Sekunder	39	100	0.7	0.82	0.8	0.9
I-J	Sekunder	63	100	0.7	0.89	0.8	1.0
K-L	Sekunder	63	100	0.7	0.89	0.8	1.0
M-N	Sekunder	63	100	0.7	0.89	0.8	1.0
O-P	Sekunder	63	100	0.7	0.89	0.8	1.0
B-D	Primer	4	100	0.8	0.82	0.9	0.9
D-H	Primer	56	100	0.9	1.12	1	1.2
H-Q	Primer	95.5	100	1.1	1.48	1.2	1.6

X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total (m3)	Volume Pipa	Volume urugan Pasir	Volume Urugan Tanah	Volume Sisa Tanah Galian
		I	II					
0.1	6.3	1.516	0.11	1.630	0.050	0.564	1.016	0.614
0.1	6.3	1.516	0.11	1.630	0.050	0.564	1.016	0.614
0.1	6.3	1.516	0.11	1.630	0.050	0.564	1.016	0.614
0.1	6.3	1.516	0.11	1.630	0.050	0.564	1.016	0.614
0.2	8	1.92	0.23	2.148	0.063	0.714	1.371	0.777
0.2	8	1.92	0.23	2.148	0.063	0.714	1.371	0.777
0.2	8	1.92	0.23	2.148	0.063	0.714	1.371	0.777
0.2	8	1.92	0.23	2.148	0.063	0.714	1.371	0.777
0.0	2.2	0.599	0.01	0.606	0.017	0.198	0.390	0.215
0.2	7.6	2.269	0.25	2.519	0.059	0.675	1.784	0.735
0.4	9.9	3.547	0.56	4.109	0.077	0.880	3.152	0.957

5.3.2 Sistem Pengolahan Air Limbah dan Reservoir

Perhitungan Bill of Quantity (BOQ) pada perancangan ini meliputi penggalian tanah biasa untuk konstruksi, pengurugan pasir dengan pemadatan, pekerjaan beton K-225, pekerjaan

pembesian dengan besi beton (polos), pekerjaan bekisting lantai dan dinding. Pekerjaan lain adalah pemasangan pipa air kotor diameter 2" (50 mm), pemasangan pipa air kotor diameter 4" (100 mm) dan pekerjaan pompa, blower, dan aksesoris.

1. BOQ Pembersihan Lahan Ringan dan Perataan

Pada pekerjaan ini, besarnya pembersihan lahan serta perataan berdasarkan luas lahan yang digunakan untuk Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Total luas lahan IPAL yakni sebesar 238 m².

2. BOQ Pekerjaan Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi

Pada pekerjaan ini, rumus perhitungan: panjang total x lebar total x (kedalaman + freeboard + tebal pelat bawah + tebal lantai kerja + tebal tutup + tebal pasir).

- Tebal pasir = 0,1 m
- Freeboard = 0,3 m
- Tebal pelat bawah = 0,2 m
- Tebal tutup = 0,15 m

Berikut adalah perhitungan BOQ dari pekerjaan penggalian tanah biasa untuk konstruksi.

a. Bak Ekaluasiasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi .

Volume galian = 3,7m x 3,7 m x 2,8 m

Volume galian = 38,4 m³

b. Grease Trap

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan grease trap.

Volume galian = 1,2 m x 4,45 m x 1,65 m

Volume galian = 8,8m³

c. Anaerobic baffled reactor

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit Anaerobic baffled reactor .

Volume galian = $(3,3 \text{ m} \times 12,9) + (3,15 \times 8.25) \text{ m} \times 2,65 \text{ m}$

Volume galian = 181,6 m³

d.Kolam Indikator

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit kolam indikator .

Volume galian = $3 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2,2 \text{ m}$

Volume galian = 16,5 m³

e.Reservoir Air Bersih Tanah Merah I

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir air bersih Tanah Merah I .

Volume galian = $5,9 \text{ m} \times 3,1 \text{ m} \times 2,2 \text{ m}$

Volume galian = 40,25 m³

f.Reservoir Air Bersih Tanah Merah II

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir air bersih Tanah Merah II .

Volume galian = $6,7 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 2,2 \text{ m}$

Volume galian = 51,5 m³

g.Reservoir Fire Hydrant

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir *Fire Hydrant*.

Volume galian = $8,8 \text{ m} \times 8,8 \text{ m} \times 4,8 \text{ m}$

Volume galian = 317,7 m³

3. BOQ Pekerjaan Pengurugan Pasir dengan Pemadatan

Pada pekerjaan ini, menggunakan rumus perhitungan: panjang x lebar x tebal pasir. Berikut adalah perhitungan BOQ dari pengurugan pasir dengan pemadatan.

a. Bak Ekualisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi.

Volume urugan pasir = $3,7 \text{ m} \times 3,7 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$

$$= 1,37 \text{ m}^3$$

b. Grease Trap

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan *Grease trap* .

$$\begin{aligned}\text{Volume galian} &= 4,6 \text{ m} \times 1,6 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 0,74 \text{ m}^3\end{aligned}$$

c. Anaerobic Baffled Reactor

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit Anaerobic Baffled Reactor.

$$\begin{aligned}\text{Volume galian} &= ((3,3 \text{ m} \times 12,9) + (3,15 \times 8.25)) \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 6,85 \text{ m}^3\end{aligned}$$

d.Kolam Indikator

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit kolam indikator.

$$\text{Volume galian} = 3 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 0,75 \text{ m}^3$$

e.Reservoir Air Bersih Tanah Merah I

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir air bersih Tanah Merah I .

$$\begin{aligned}\text{Volume galian} &= 5,9 \text{ m} \times 3,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 1,829 \text{ m}^3\end{aligned}$$

f.Reservoir Air Bersih Tanah Merah II

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir air bersih Tanah Merah II .

$$\begin{aligned}\text{Volume galian} &= 6,7 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 2,4 \text{ m}^3\end{aligned}$$

g.Reservoir Fire Hydrant

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir *Fire Hydrant*

$$\begin{aligned}\text{Volume galian} &= 8,8 \text{ m} \times 8,8 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 7,7 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Total pengurangan pasir drngan pemadatan yaitu 21,68 m³

4. BOQ Pekerjaan Beton K-225

Beton lantai bangunan

Pada pekerjaan ini, menggunakan rumus perhitungan: panjang x lebar x (tebal lantai kerja + tebal lantai bak).

- Tebal lantai kerja + tebal lantai bak = 0,2 m Berikut adalah perhitungan BOQ dari unit pengolahan air limbah domestik berdasarkan pekerjaan beton lantai bangunan.

a. Bak Ekualisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi .

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= 4,3 \text{ m} \times 4,3 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\ &= 4,62 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b. Grease Trap

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan *Grease Trap*.

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= 1,6 \text{ m} \times 4,45 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\ &= 1,78 \text{ m}^3\end{aligned}$$

c. Anaerobic Baffled Reactor

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan *Anaerobic Baffled reactor*.

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= (3,3 \text{ m} \times 12,9 \text{ m}) + (3,15 \text{ m} \times 8,25 \text{ m}) \times 0,25 \text{ m} \\ &= 17,1 \text{ m}^3\end{aligned}$$

d. Kolam Indikator

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit kolam indikator .

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= 3 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\ &= 1,5 \text{ m}^3\end{aligned}$$

e. Reservoir Air Bersih Tanah Merah I

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir air bersih Tanah Merah I .

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= 5,9 \text{ m} \times 3,1 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\ &= 3,658 \text{ m}^3\end{aligned}$$

f. Reservoir Air Bersih Tanah Merah II

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir air bersih Tanah Merah II.

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= 6,7 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\ &= 4,69 \text{ m}^3\end{aligned}$$

g. Reservoir Fire Hydrant

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir *fire hydrant*

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= 8,8 \text{ m} \times 8,8 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\ &= 15,48 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Beton dinding bangunan

Perhitungan volume beton dinding bangunan menggunakan rumus: (panjang total + lebar total) x tebal dinding x (kedalaman + freeboard + tebal tutup). Berikut adalah perhitungan BOQ dari pekerjaan beton dinding bangunan.

a. Bak Ekualisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi .

$$\text{Volume beton} = (8 \text{ m} + 7,4 \text{ m}) \times 0,15 \times 3,93 \text{ m} = 9,07 \text{ m}^3$$

b. Grease Trap

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan *Grease Trap*.

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= (9,2 \text{ m} + 4,8 \text{ m}) \times 0,15 \times 1,45 \text{ m} \\ &= 3,045 \text{ m}^3\end{aligned}$$

c. Anaerobic Baffled Reactor

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan grease trap *Anaerobic Baffled Reactor*.

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= (34,05 \text{ m} + 45 \text{ m}) \times 0,15 \text{ m} \times 2,45 \text{ m} \\ &= 29,05 \text{ m}^3\end{aligned}$$

d. Kolam Indikator

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit kolam indikator

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= (3 \text{ m} + 2,5 \text{ m}) \times 0,2 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\ &= 3,3 \text{ m}^3\end{aligned}$$

e.Reservoir Air Bersih Tanah Merah I

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir air bersih Tanah Merah I .

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= (5,9 \text{ m} + 3,1 \text{ m}) \times 0,2 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \\ &= 3,96 \text{ m}^3\end{aligned}$$

f.Reservoir Air Bersih Tanah Merah II

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir air bersih Tanah Merah II .

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= (6,7 \text{ m} + 3,5 \text{ m}) \times 0,2 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \\ &= 4,48 \text{ m}^3\end{aligned}$$

f.Reservoir *Fire Hydrant*

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir *fire hydrant*

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= (8,8 \text{ m} + 8,8 \text{ m}) \times 0,2 \text{ m} \times 4,8 \\ &= 16,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Beton tutup bangunan

Pada pekerjaan ini, menggunakan rumus perhitungan: panjang total x lebar total x tebal tutup bangunan

$$\text{- Tebal tutup bangunan} = 0,15 \text{ m}$$

Berikut adalah perhitungan BOQ pekerjaan beton tutup bangunan.

a.Bak Ekualisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi.

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= 3,7 \text{ m} \times 3,7 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \\ &= 2,05 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b.Grease Trap

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan *Grease Trap*.

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= 4,6 \text{ m} \times 1,6 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \\ &= 1,1 \text{ m}^3\end{aligned}$$

c.Anaerobic Baffled Reactor

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan *Anaerobic Baffled reactor*.

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= ((3,3 \text{ m} \times 12,9 \text{ m}) + (3,15 \text{ m} \times 8,25 \text{ m})) \times 0,25 \text{ m} \\ &\times 0,15 \text{ m} \\ &= 17,1 \text{ m}^3\end{aligned}$$

e.Reservoar Air Bersih Tanah Merah I

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoar air bersih Tanah Merah I .

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= 5,9 \text{ m} \times 3,1 \text{ m} \times 0,15 \\ &= 2,7 \text{ m}^3\end{aligned}$$

f.Reservoar Air Bersih Tanah Merah II

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoar air bersih Tanah Merah II .

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= 6,7 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \\ &= 3,5 \text{ m}^3\end{aligned}$$

g.Reservoar Fire Hydrant

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit resevoar fire hydrant

$$\text{Volume beton} = 8,8 \text{ m} \times 8,8 \text{ m} \times 0,1 = 11,6 \text{ m}^3$$

Dari uraian pekerjaan beton, maka total pekerjaan beton perancangan ulang sistem plambing dan IPAL rumah susun Tanah Merah, ialah:

-	Volume beton lantai bangunan	= 48,828 m ³
-	Volume beton dinding bangunan	= 69,7 m ³
-	Volume beton tutup bangunan	= 38,05 m ³
-	Total volume beton	= 156,55 m ³

5. BOQ Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos)

Volume pekerjaan ini mengacu pada perhitungan volume pekerjaan beton bangunan. Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, didapatkan hasil:

-	Volume beton dinding, tutup dan lantai	= 156,55 m ³
---	--	-------------------------

Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat jenis 150 kg/m³, sehingga berat besi adalah 23.482,5 kg.

6. BOQ Pekerjaan Bekisting Lantai dan Dinding

Pekerjaan ini menggunakan rumus: panjang total x lebar total untuk bekisting lantai dan (panjang total + lebar total) x tinggi untuk bekisting dinding. Berikut adalah perhitungan BOQ dari pekerjaan bekisting lantai dan dinding.

Bekisting lantai

a. Bak Ekualisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi .

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\ &= 16 \text{ m}^2\end{aligned}$$

b. Grease Trap

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan Grease Trap .

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= 1,6 \times 4,45 \text{ m} \\ &= 7,12 \text{ m}^2\end{aligned}$$

c. Anaerobic baffled Reactor

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan Anaerobic Baffled Reactor .

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= (3,3 \text{ m} \times 12,9 \text{ m}) + (3,15 \text{ m} \times 8,25 \text{ m}) \\ &= 68,5 \text{ m}^2\end{aligned}$$

d. Kolam Indikator

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit kolam indikator .

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= 2,4 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \\ &= 5,76 \text{ m}^2\end{aligned}$$

e. Reservoir Air Bersih Tanah Merah I

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir air bersih Tanah Merah I .

$$\text{Luas bekisting} = 5,9 \text{ m} \times 3,1 \text{ m}$$

$$= 18,29 \text{ m}^2$$

f. Reservoir Air Bersih Tanah Merah II

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir air bersih Tanah Merah II .

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= 6,7 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \\ &= 23,45 \text{ m}^2\end{aligned}$$

g. Reservoir Fire Hydrant

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoir fire hydrant

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= 8,8 \text{ m} \times 8,8 \text{ m} \\ &= 77,44 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Total luas pekerjaan bekisting lantai yang diperlukan ialah 216 m^2

Bekisting dinding

a. Bak Ekualisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi .

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= (8 \text{ m} + 7,4 \text{ m}) \times 3,93 \text{ m} \\ \text{Luas bekisting} &= 60,5 \text{ m}^2\end{aligned}$$

b. Grease Trap

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan *Grease Trap*.

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= (9,2 \text{ m} + 4,8 \text{ m}) \times 1,45 \text{ m} \\ &= 20,3 \text{ m}^2\end{aligned}$$

c. Anaerobic Baffled Reactor

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan Anaerobic Baffled Reactor .

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= (34,05 \text{ m} + 45 \text{ m}) \times 2,45 \text{ m} \\ &= 193,6 \text{ m}^2\end{aligned}$$

d. Kolam Indikator

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit kolam indikator.

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= (2,4 \text{ m} + 2,4 \text{ m}) \times 2,8 \\ &= 13,44\end{aligned}$$

e.Reservoar Air Bersih Tanah Merah I

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoar air bersih Tanah Merah I .

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= (5,9 \text{ m} + 3,1 \text{ m}) \times 2,2 \\ &= 19,8 \text{ m}^2\end{aligned}$$

f.Reservoar Air Bersih Tanah Merah II

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoar air bersih Tanah Merah II .

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= (6,7 \text{ m} + 3,5 \text{ m}) \times 2,2 \\ &= 22,4 \text{ m}^2\end{aligned}$$

g.Reservoar Fire Hydrant

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit reservoar *fire hydrant*

$$\begin{aligned}\text{Luas bekisting} &= (8,8 \text{ m} + 8,8 \text{ m}) \times 4,8 \\ &= 84,48 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Total luas pekerjaan bekisting dinding yang diperlukan ialah 415 m².

7. BOQ Pemasangan Pipa Air Kotor Dimensi 4"

$$\begin{aligned}\text{Panjang pipa} &= 587,5 \text{ m} \\ &\approx 588 \text{ m}\end{aligned}$$

8. BOQ Pompa

-Pompa Air bersih Tanah Merah I

Penambahan unit = 2 unit

Debit = 1000 L/menit

Head = 30 m

-Pompa Air bersih Tanah Merah II

Penambahan unit = 2 unit

Debit = 1000 L/menit

Head = 30 m

-Pompa Bak ekualisasi

Σ unit = 1 unit

Debit = 24 m³/jam

Head = 4,5 m

-Pompa Fire hydrant

Σ unit = 1 unit

Debit = 1600 L/menit

Head = 30 m

9. **BOQ Aksesoris Pipa**

-Tee All flange 2"	8 buah
-Tee All flange 4"	14 buah
-Elbow 90 ⁰ 2"	16 buah
-Elbow 90 ⁰ 4"	4 buah
-Check valve	1 buah

5.22. **Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah hasil perhitungan antara volume pekerjaan (BOQ) dengan harga satuan yang telah dikalikan dengan indeks pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2017. Pada analisis RAB ini akan dihitung biaya:

- a. Penggalan tanah biasa untuk konstruksi
- b. Pengurugan pasir dengan pemadatan
- c. Pekerjaan beton K-225
- d. Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)
- e. Pekerjaan bekisting lantai
- f. Pekerjaan bekisting dinding
- h. Pemasangan pipa air kotor diameter 100 mm
- i. Pengadaan pompa dan pipa serta komponen lainnya.

Berikut merupakan perhitungan RAB perancangan ulang sistem plambing dan Instalasi pengolahan air limbah rumah susun tanah merah Surabaya.

Tabel 5. 23 Rencana Anggaran Biaya

No.	Uraian Kegiatan	Satuan	Harga HSPK (Rp.)	Jumlah	Harga Total (Rp.)
1	Pembersihan Lapangan Ringan dan Perataan	m ²	9,450.00	288	2,721,600
2	Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ³	86,450.00	677	58,483,425
3	Pengurugan Pasir Padat	m ³	214,820.00	27.7	5,950,514
4	Pekerjaan Beton K-225	m ³	1,175,912.83	156.50	184,030,358
5	Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos/Ulir)	kg	15,291.30	23483	359,085,598
6	Pekerjaan Bekisting Lantai	m ²	383,646.50	216	82,867,644
7	Dinding	m ²	373,700.00	415	155,085,500
8	Pemasangan Pipa Air Kotor Diameter 4"	m	65,596.30	587.5	38,537,826
9	bersih	Buah	4,100,000	4	16,400,000
10	Pengadaan Pompa Fire Hydrant	Buah	4,499,000	2	8,998,000
11	Ekualisasi	Buah	5,229,000	1	5,229,000
12	Pengadaan Aksesoris:				
	-Tee All flange 2"	1 Buah	6,400	8	51,200
	-Tee All flange 4"	1 Buah	31,400	14	439,600
	-Elbow 90° 2"	1 Buah	4,850	16	77,600
	-Elbow 90° 4"	1 Buah	23,700	4	94,800
	-Check valve	1 Buah	163,500	1	163,500
	Total				918,216,165

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari perancangan ini, didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Dari evaluasi yang telah dilakukan didapatkan catatan sebagai berikut :

a. Sistem Plambing

Secara umum sistem plambing dari rumah susun Tanah Merah Kota Surabaya sudah memenuhi standar. Namun ada beberapa hal yang menjadi permasalahan dalam sistem plambing rumah susun Tanah Merah yaitu tidak terpenuhinya air pada saat jam puncak dan juga kebutuhan air masih belum tercukupi dengan baik.

b. Sistem Pengolahan Air Limbah

Dari pengujian sampel yang dilakukan di laboratorium manajemen kualitas lingkungan departemen teknik lingkungan limbah belum memenuhi standar baku mutu air limbah domestik.

2. Dari Hasil evaluasi maka dilakukan perencanaan baru :

a. Sistem Plambing

Penambahan pompa untuk menunjang kebutuhan air pada saat jam puncak sehingga penghuni rusun tidak kekurangan air pada saat jam puncak. Penambahan dudukan pada *rooftank reservoir* sehingga sisa tekan pada unit rumah susun dapat terpenuhi.

b. Sistem Pengolahan Air Limbah

Direncanakan pengolahan limbah domestik menggunakan unit pengolahan *Anaerobic Baffled Reactor* dengan jumlah kompartemen sebanyak 12 dengan 1 bak pengendap. Dimensi tiap kompartemen yaitu $P = 1,2 \text{ m}$ $L = 3 \text{ m}$ dan kedalaman = 2 m sedangkan dimensi bak pengendap yaitu $P = 4,5 \text{ m}$ $L = 3 \text{ m}$ dan kedalaman 3 m .

3. Anggaran biaya yang dibutuhkan yaitu Rp. 918.216.165 ,00.

5.2 Saran

Melihat dari hasil perancangan pada tugas akhir ini, dapat diajukan beberapa saran sebagai berikut :

1. Pengambilan Sampel dan pengujian sampel dilakukan lebih dari satu kali sehingga mendapat hasil pengujian yang lebih mewakili
2. Dilakukan perbandingan alternatif IPAL sehingga menghasilkan pemilihan IPAL yang tepat.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2015, **Standar Harga Satuan Pokok Pekerjaan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2016**. Surabaya: Pemerintah Kota Surabaya.
- Babbitt, H. E. 1960. **Plumbing**. New York : McGraw Hill Company
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2016. **Surabaya Dalam Angka 2015**. Surabaya
- Foxon, K. M., Pillay, S., Lalbahadur, T., Rodda, N., Holder, F., dan Buckley, C. A. 2004. **The anaerobic baffled reactor (ABR): an appropriate technology for on-site sanitation**. Water SA. Vol. 30. pp : 44-50..
- Fair, G. M. dan Geyer, J. C., 1954. **Water Supply and Wastewater Disposal**. New York: John Wiley and Son.
- Metcalf dan Eddy. 2014. **Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery, Fifth Edition (Volume I)**. McGraw-Hill Company.
- Noerbambang, SM dan Morimura T. 2000. **Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing**. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Pathan, A. A. dan Rasool B.M. 2011. Preliminary Study of Greywater Treatment Thought Rotating Biological Contractor. **Mehran University Research Journal of Engineering and Technology**. Vol.30. No. 3.
- Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013. **Baku Mutu Air Limbah Domestik di Jawa Timur**.
- Peraturan menteri pekerjaan umum Nomor 14 /PRT/M/2010 **Tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang**. Jakarta
- Peraturan Walikota No.55 Tahun 2005. **Tentang Tarif Air Minum Dan Struktur Pemakaian Air Minum Perusahaan Daerah Air Minum Kota Surabaya**. Surabaya.
- Priyanka, A. 2010. **Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Maritime Training Center (Studi Perbandingan dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Gedung Pertamina Learning Center)**. Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan UI. Depok.
- Sasse, L., Gutterer, B., Panzerbieter, T., dan Reckerzügel, T. 2009. **Decentralised Wasterwater Treatment Systems**

- (DEWATS) and Sanitattion in Developing Countries.**
BORDA.
- Sevilla, C. G. 2007. **Research Methods**. Rex Printing Company.
Quezon City.
- SNI 03-6481-2000:**Sistem Plambing**. Jakarta.
- SNI 03-1735-2000 :**Tata Cara Perencanaan Akses Bangunan
Dan Akses Lingkungan Untuk Pencegahan Bahaya
Kebakaran Pada Bangunan Gedung**. Jakarta
- SNI 03-2398-2002 : **Tata Cara Perencanaan Tangki Septik
Dengan Sistem Resapan**. Jakarta
- SNI 03-7065-2005 : **Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing**.
Jakarta
- SNI 8153-2015 : **Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung**.
Jakarta
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 20 Tahun 2011 tentang
Rumah Susun. Jakarta. Indonesia
- Wongthanate, J., Mapracha, N., Prapagdee, B., dan Arunlertaree,
C. 2014. Efficiency of Modified Grease Trap for Domestic
Wastewater Treatment. **The Journal of Industrial
Technology**. Vol. 10. pp : 2557-2569. Jakarta : Pradnya
Paramita

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN A (SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH)



LEGENDA

- = GROUND RESERVOAR
- ◻ = ROOFTANK RESERVOAR
- ◻ = IPAL
- = HYDRANT
- = PIPA FIRE HYDRANT
- = PIPA AIR BERSIH
- = PIPA AIR LIMBAH

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

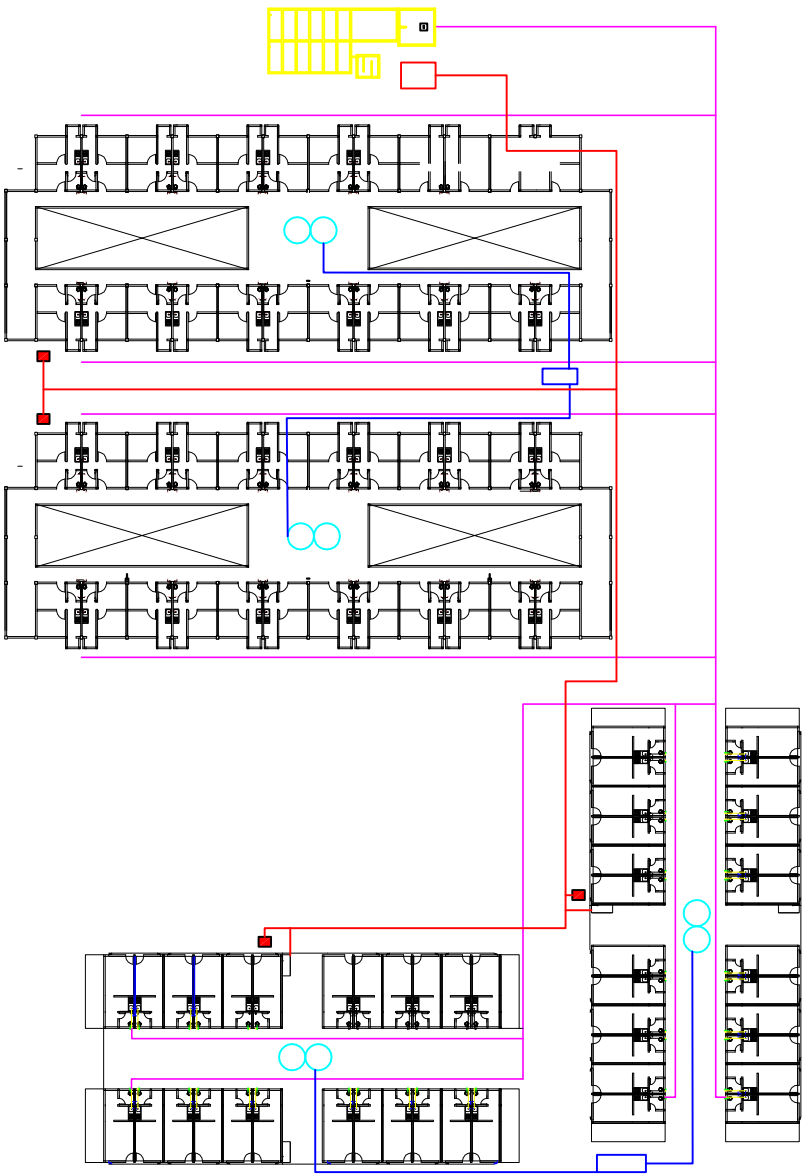
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

LAYOUT




SKALA HALAMAN

1 : 750 138





LEGENDA

-  = TEMBOK BETON
-  = TANAH
-  = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

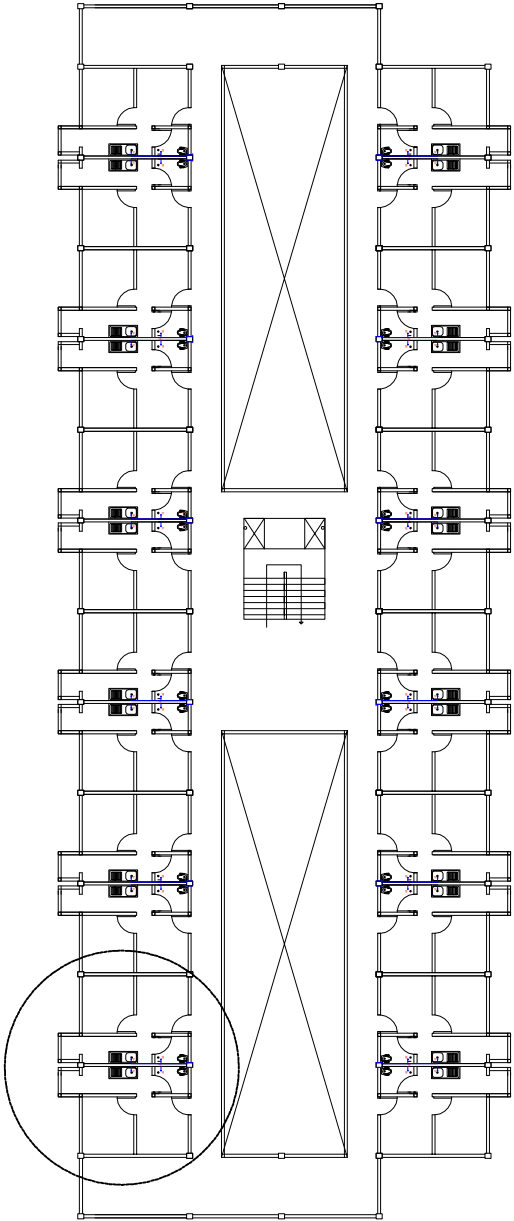
JUDUL GAMBAR

Denah Air Bersih Lantai 2 Tanah
Merah 2

SKALA HALAMAN

1 : 750 139


Detail A





LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = TANAH

 = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIN
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

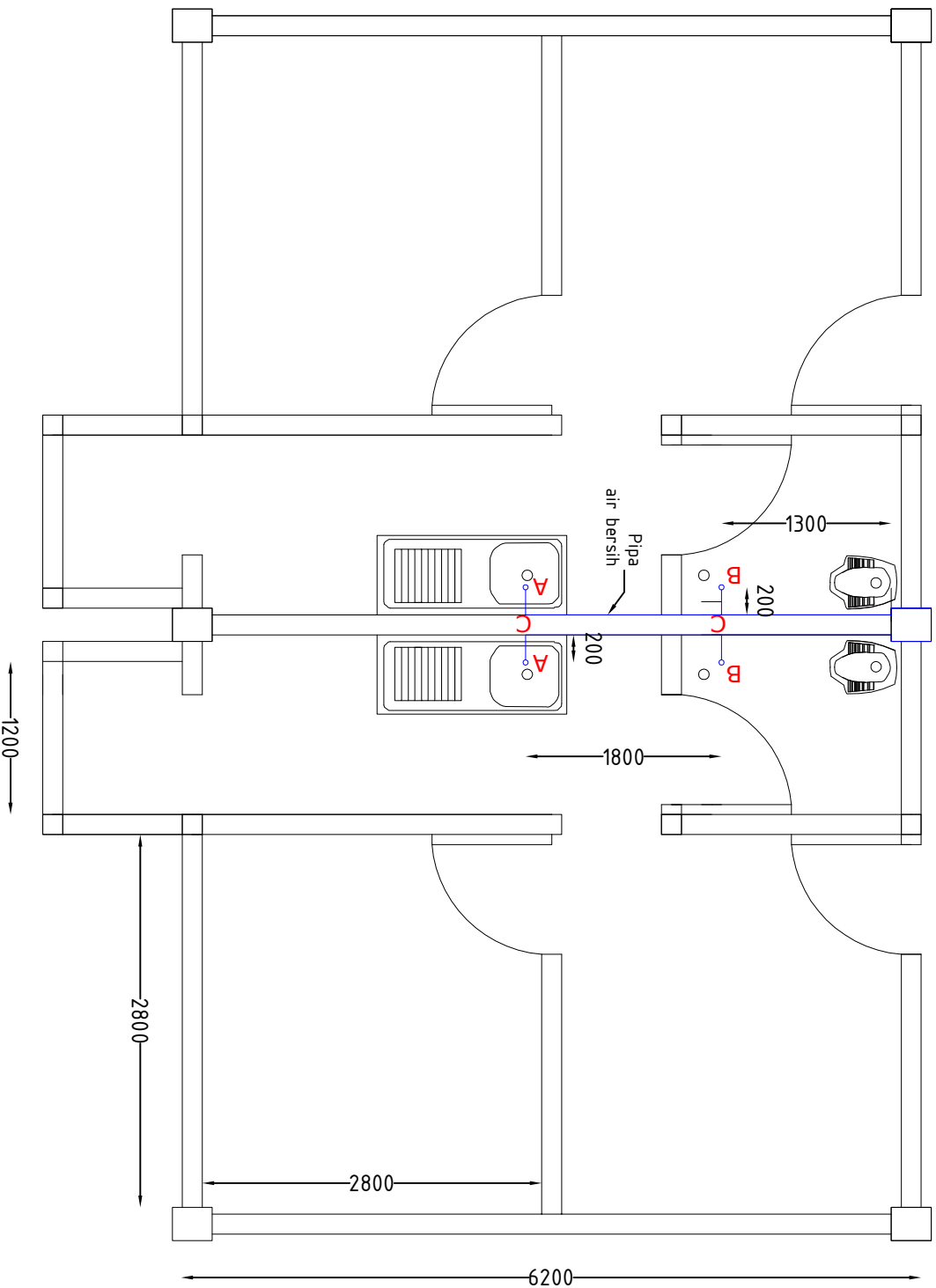
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

Detail A Denah Air Limbah Lantai 2
Tanah Merah 2




SKALA HALAMAN

1 : 50 140





LEGENDA

-  = TEMBOK BETON
-  = TANAH
-  = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

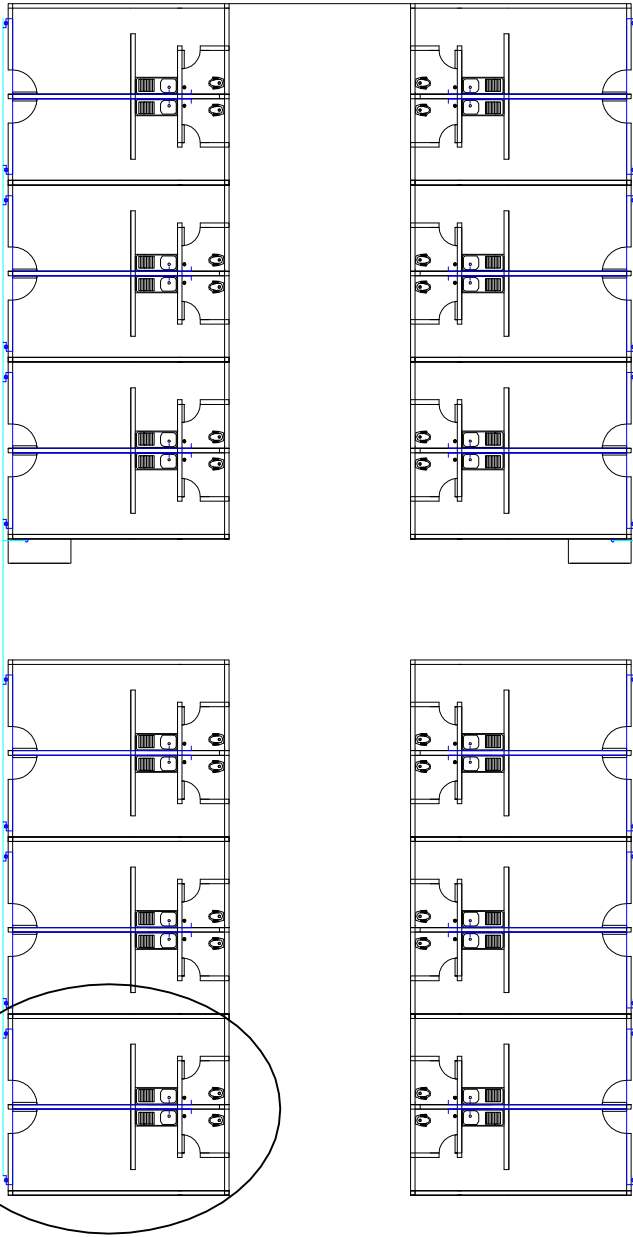
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

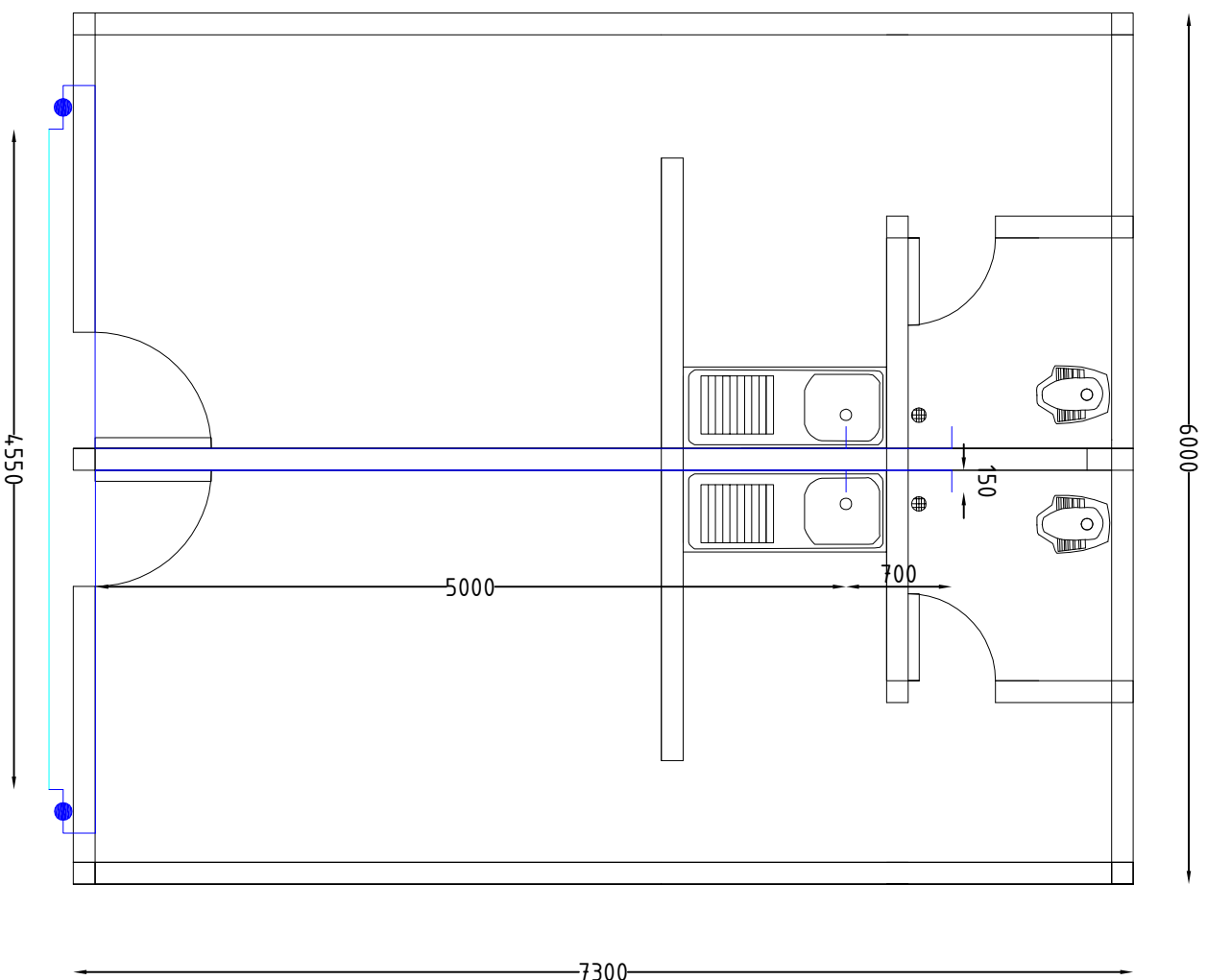
Denah Air Bersih Lantai 2 Tanah
Merah 1

SKALA HALAMAN

1 : 250 141





Detail A



LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = TANAH

 = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING


DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

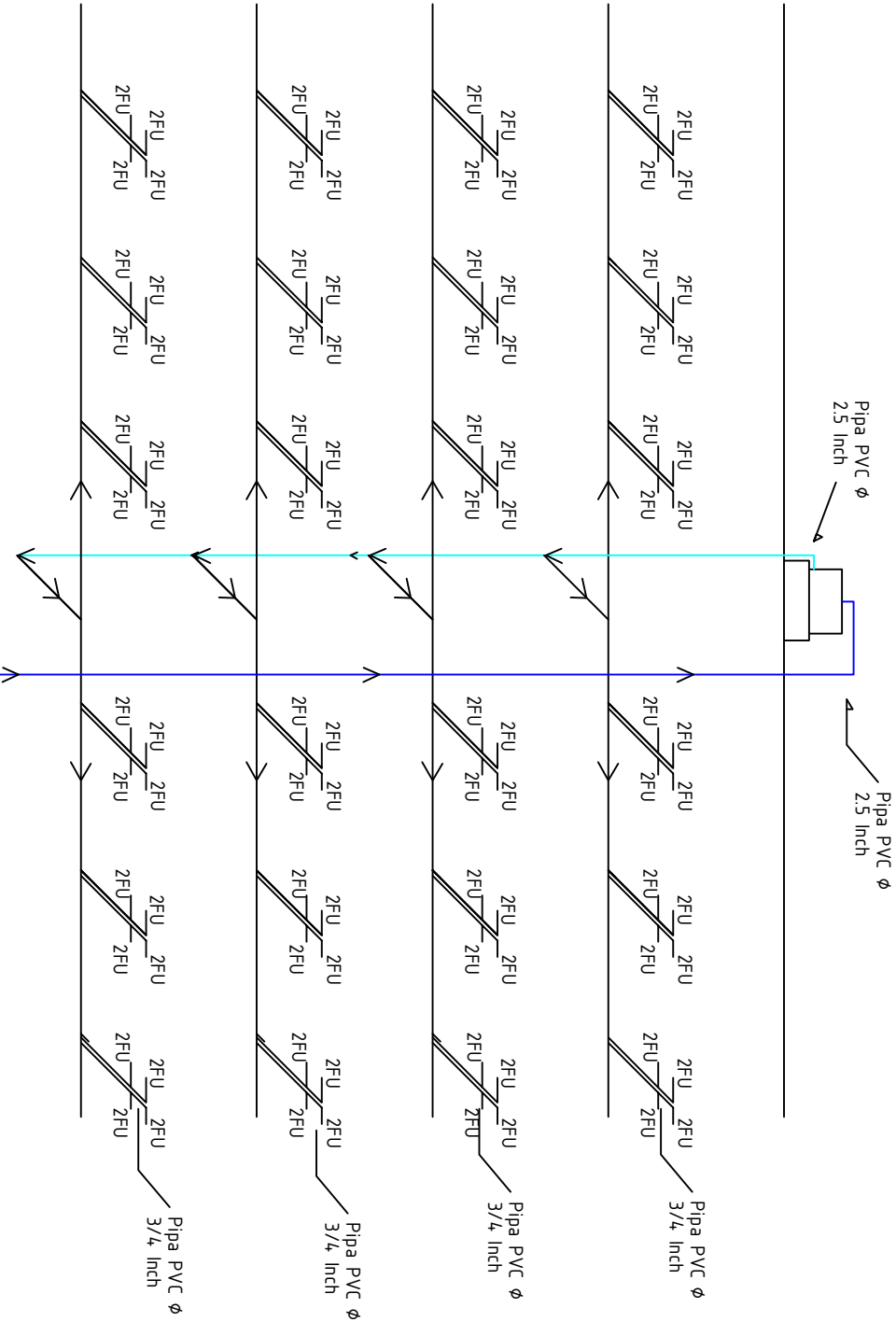
JUDUL GAMBAR

Detail A Denah Air Bersih Lantai 2
Tanah Merah 1

SKALA HALAMAN

1 : 50 142


<p>LEGENDA</p> <div><div></div><div>= PIPA DISTRIBUSI</div></div> <div><div></div><div>= PIPA POMPA - ROOFTANK</div></div>
<p>JUDUL TUGAS AKHIR</p> <p>PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMING DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA</p>
<p>NAMA/NRP</p> <p>SEPTIAN SETYO PRAKOSO 3313100052</p>
<p>DOSEN PEMBIMBING</p> <p>DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.</p>
<p>JUDUL GAMBAR</p> <p>ISOMETRI PIAPA AIR BERSIH</p>
<p>SKALA</p> <p>HALAMAN</p>
<p>-</p> <p>143</p>





LEGENDA

- = PEMOMPAAN RENCANA
- = PEMOMPAAN EKSTING

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIN
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

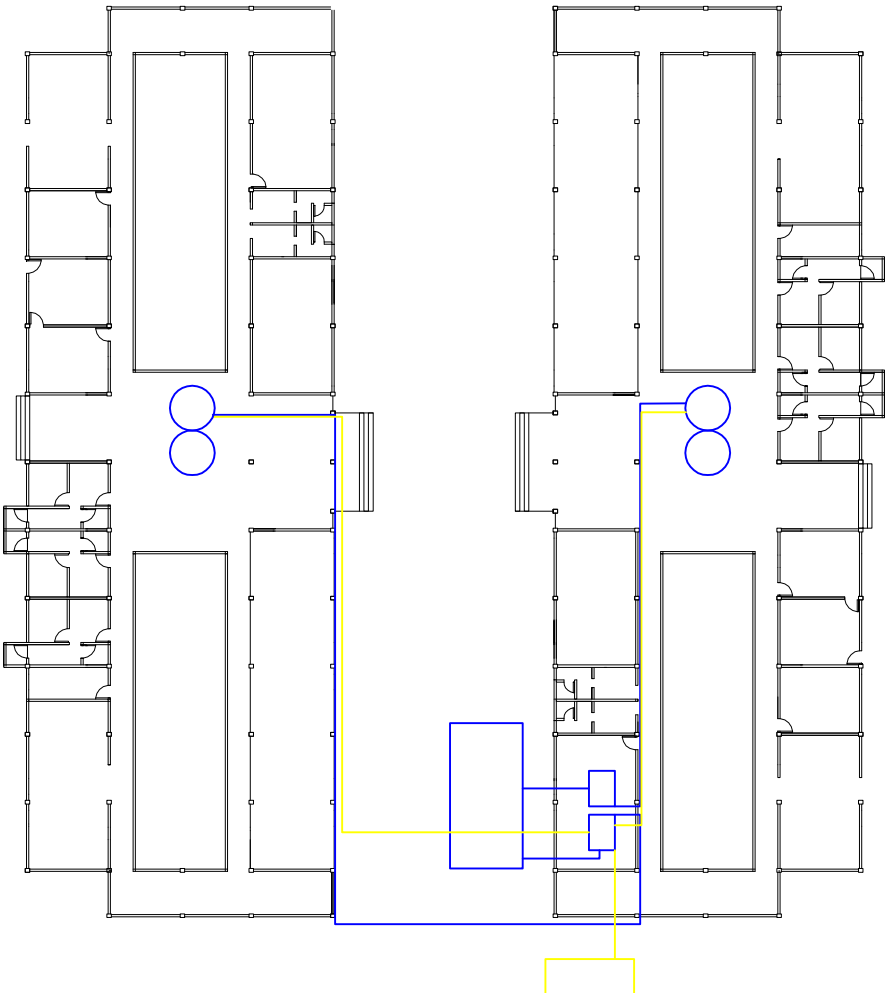
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

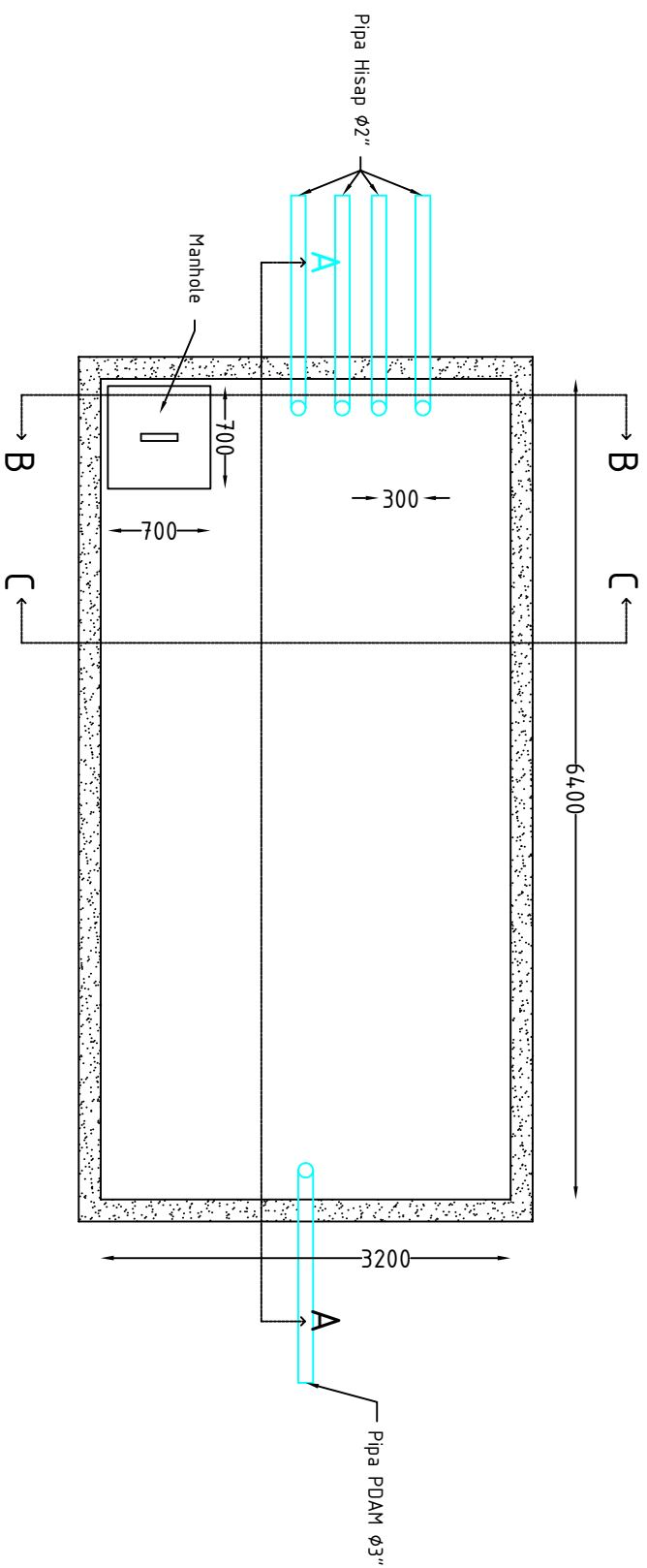
JUDUL GAMBAR

LAYOUT PEMOMPAAN AIR
BERSIH

SKALA HALAMAN

1 : 750 144





LEGENDA



= TEMBOK BETON

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

DENAH GROUND RESRVOAR
TANAH MERAH I

SKALA HALAMAN

1 : 50 145



LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = KERAMIK

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

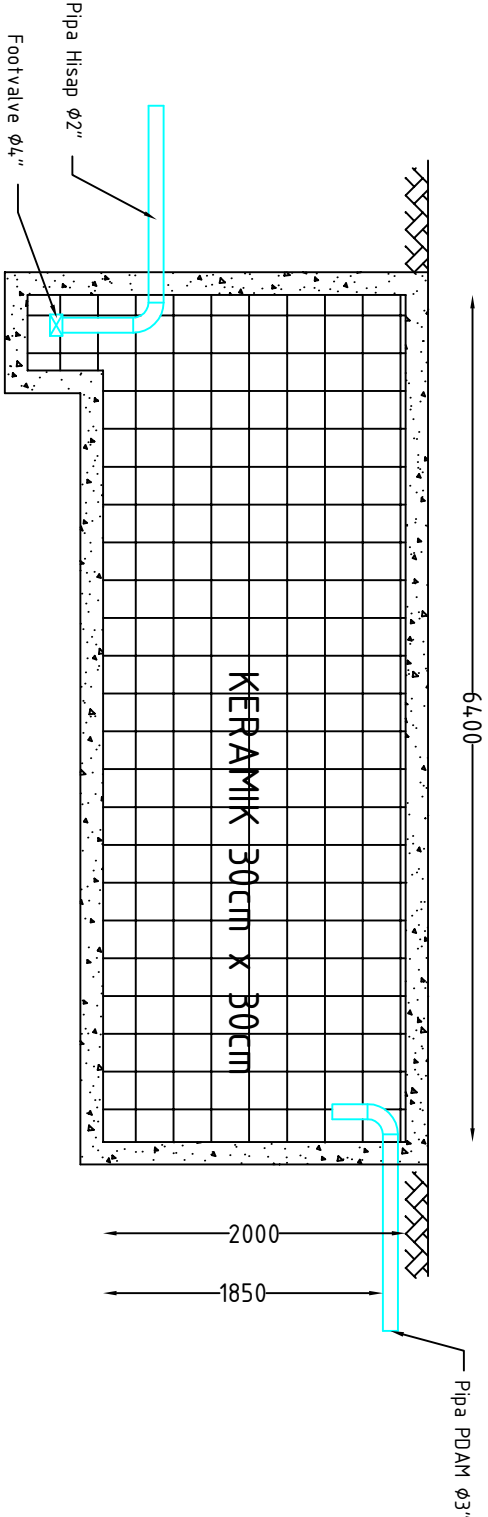
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A
GROUND RESRYOAR
TANAH MERAH I

SKALA HALAMAN

1 : 50 146



A-A



LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = KERAMIK

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

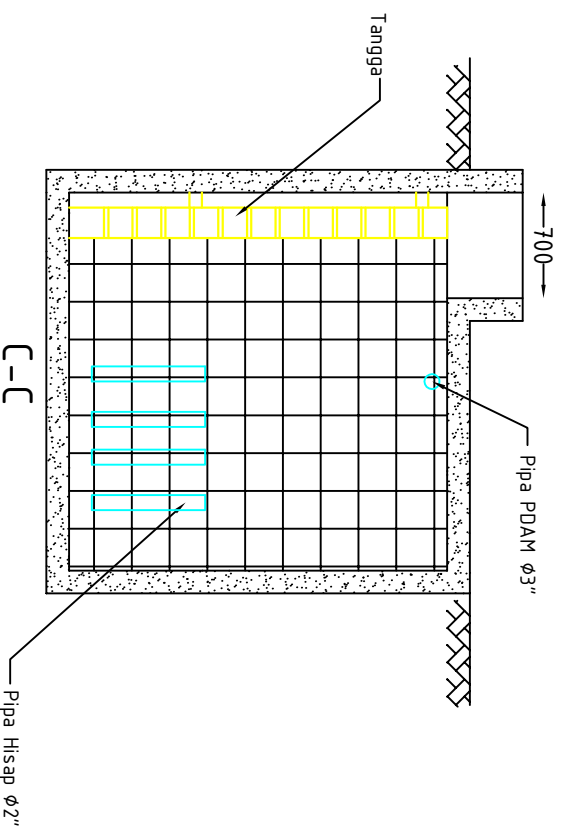
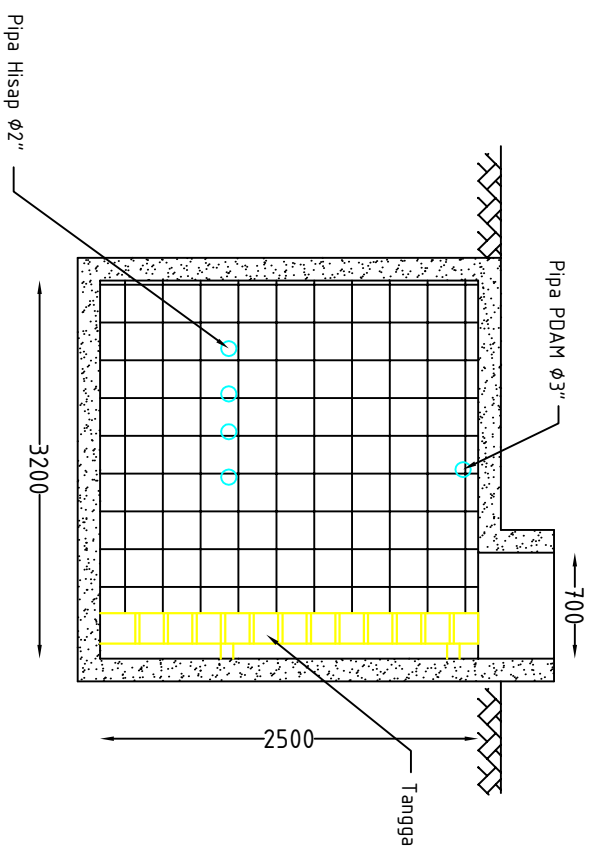
JUDUL GAMBAR

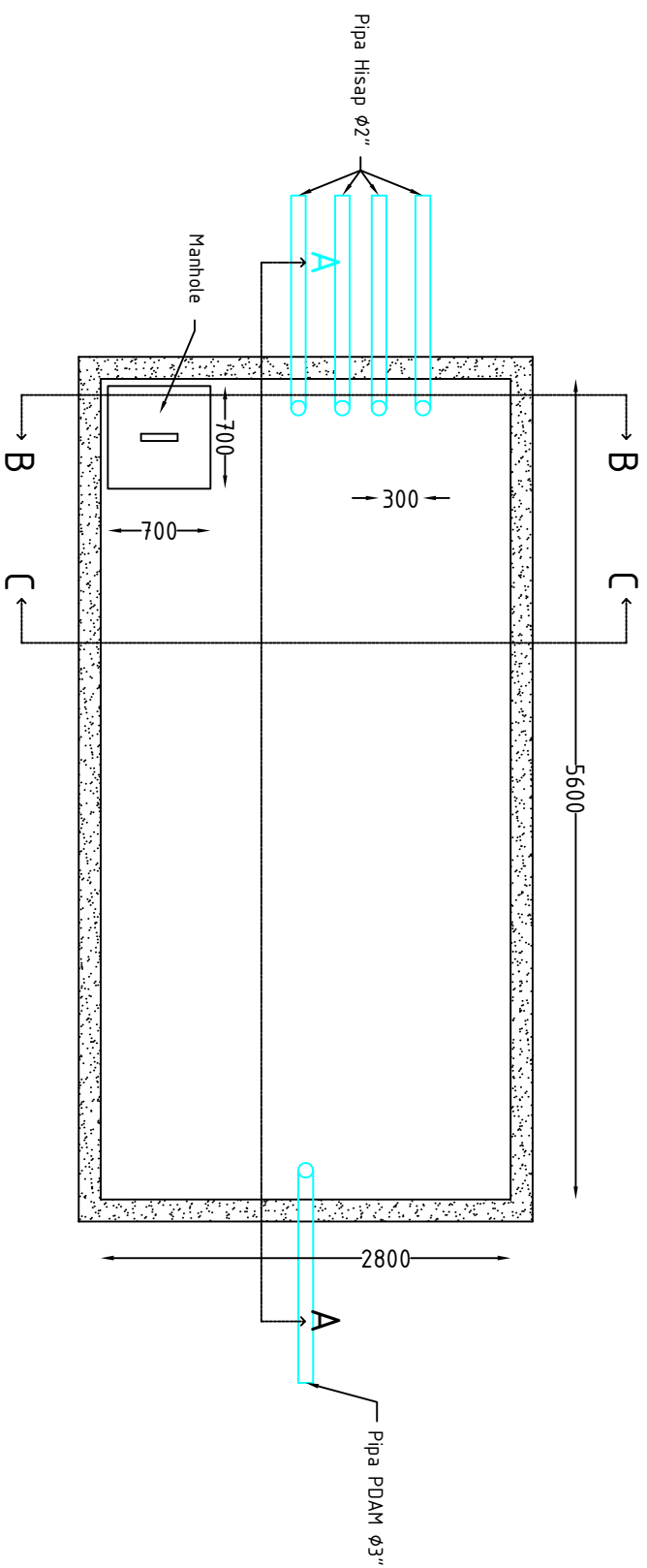
POTONGAN B-B DAN C-C
GROUND RESVOAR
TANAH MERAH I

SKALA HALAMAN

1 : 50

147





LEGENDA



= TEMBOK BETON



= PIPA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

DENAH GROUND RESERVOAR
TANAH MERAH II

SKALA HALAMAN

1 : 50 148



LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = KERAMIK

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

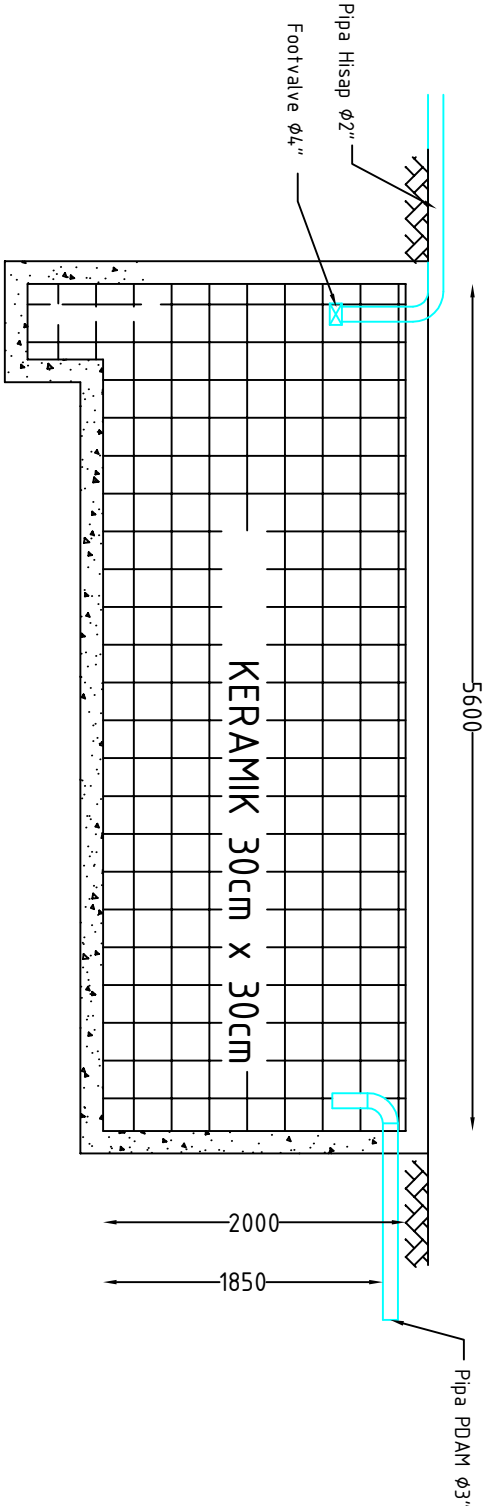
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

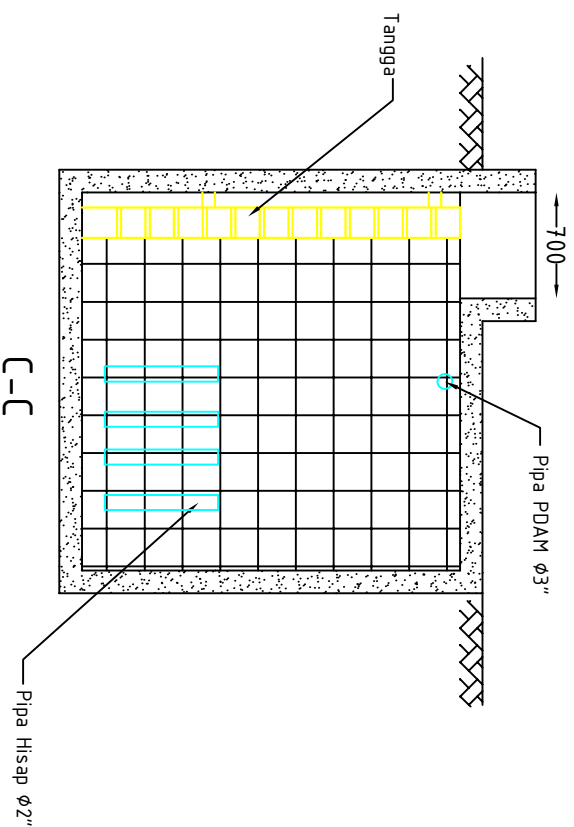
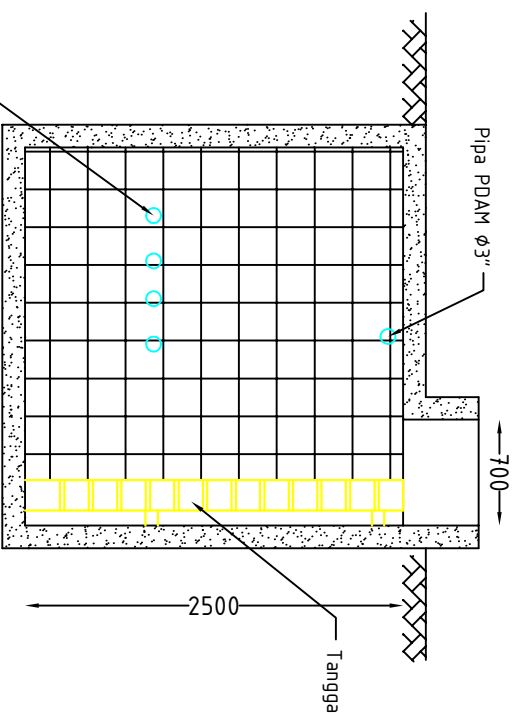
POTONGAN A-A
GROUND RESRVOAR
TANAH MERAH II

SKALA HALAMAN

1 : 50 149




A-A



LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = KERAMIK

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

POTONGAN B-B DAN C-C
GROUND RESVOAR
TANAH MERAH II




SKALA HALAMAN

1 : 50 150

LAMPIRAN B (SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH)



LEGENDA

-  = TEMBOK BETON
-  = TANAH
-  = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

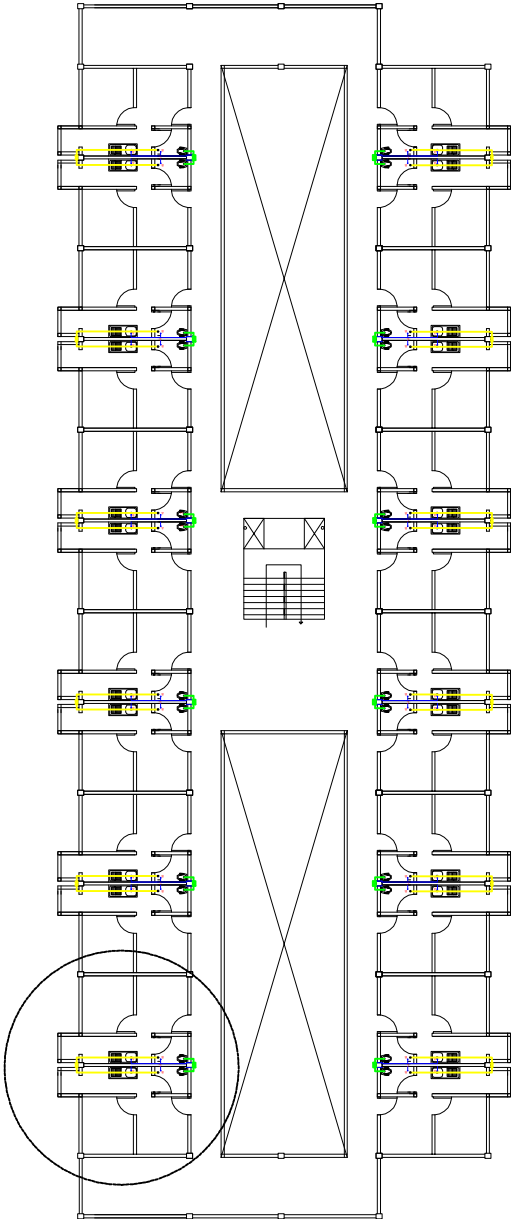
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

Denah Air Limbah Lantai 2 Tanah
Merah 2

SKALA HALAMAN


1 : 750 152





LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = TANAH

 = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

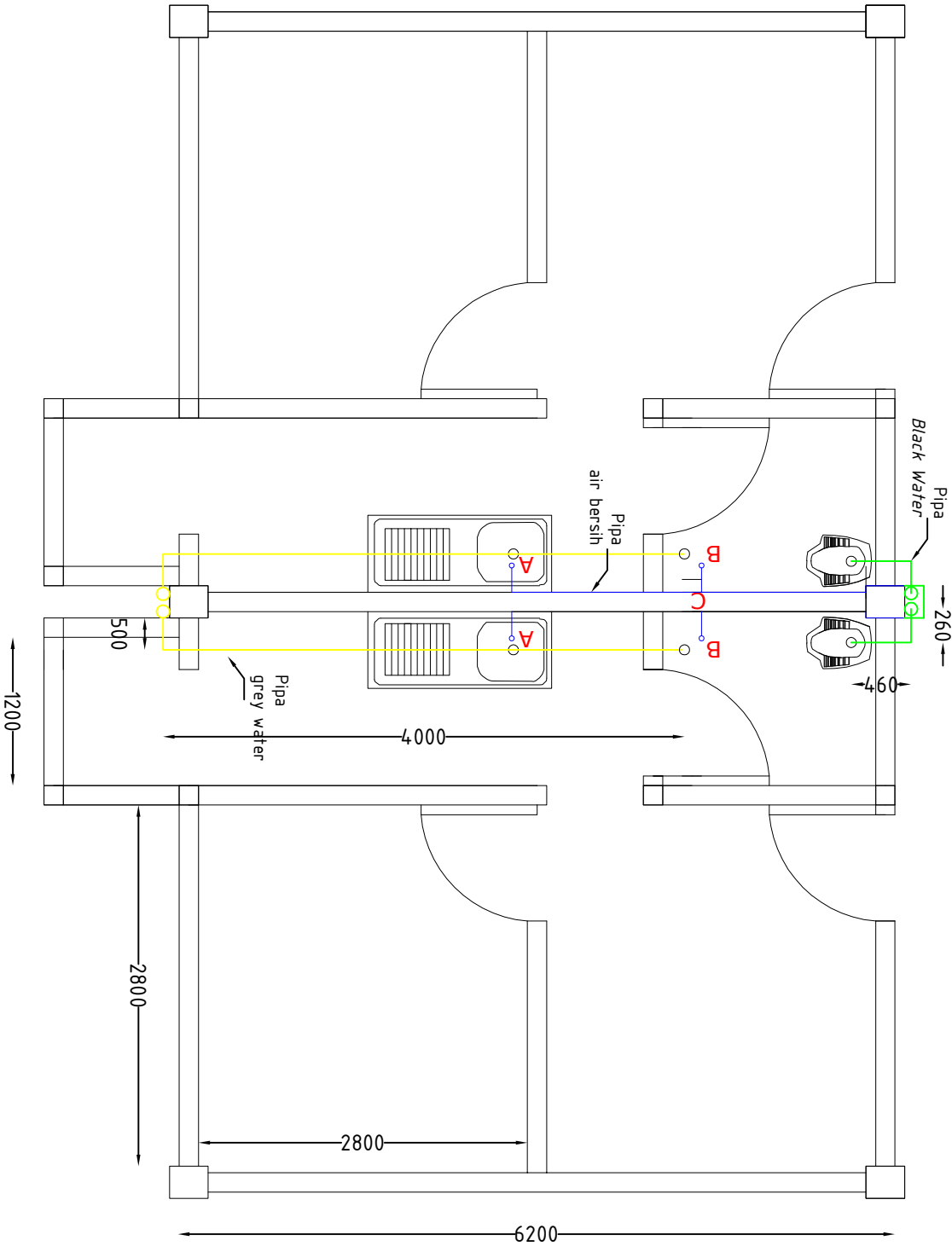
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

Detail A Denah Air Limbah Lantai 2
Tanah Merah 2




SKALA HALAMAN

1 : 50 153





LEGENDA

-  = TEMBOK BETON
-  = TANAH
-  = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

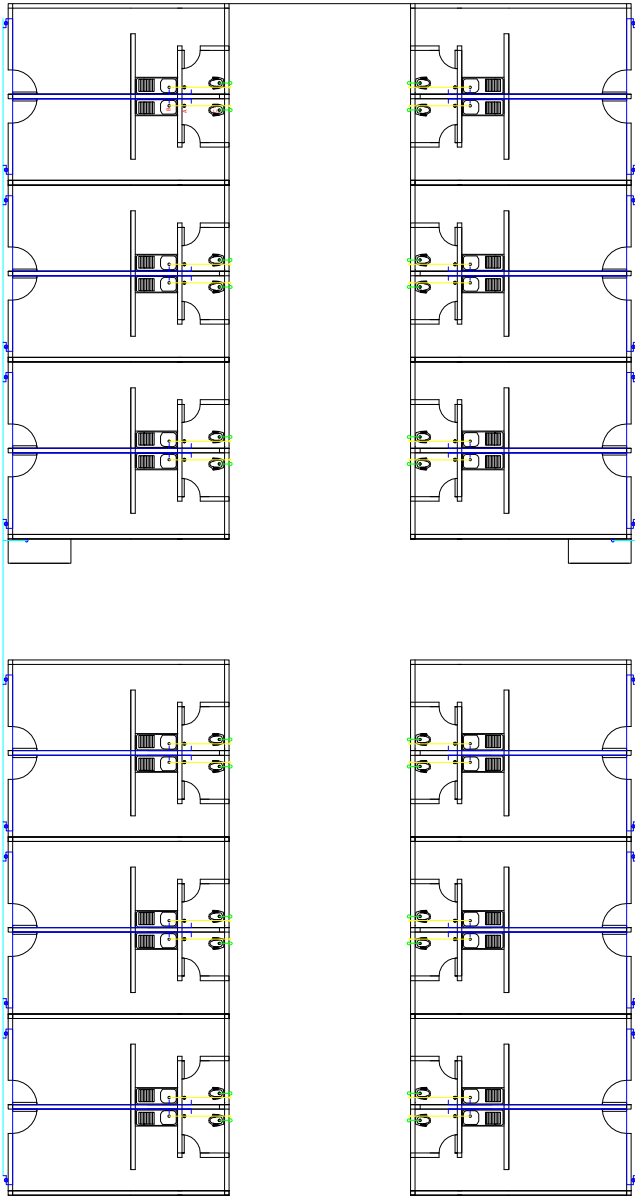
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

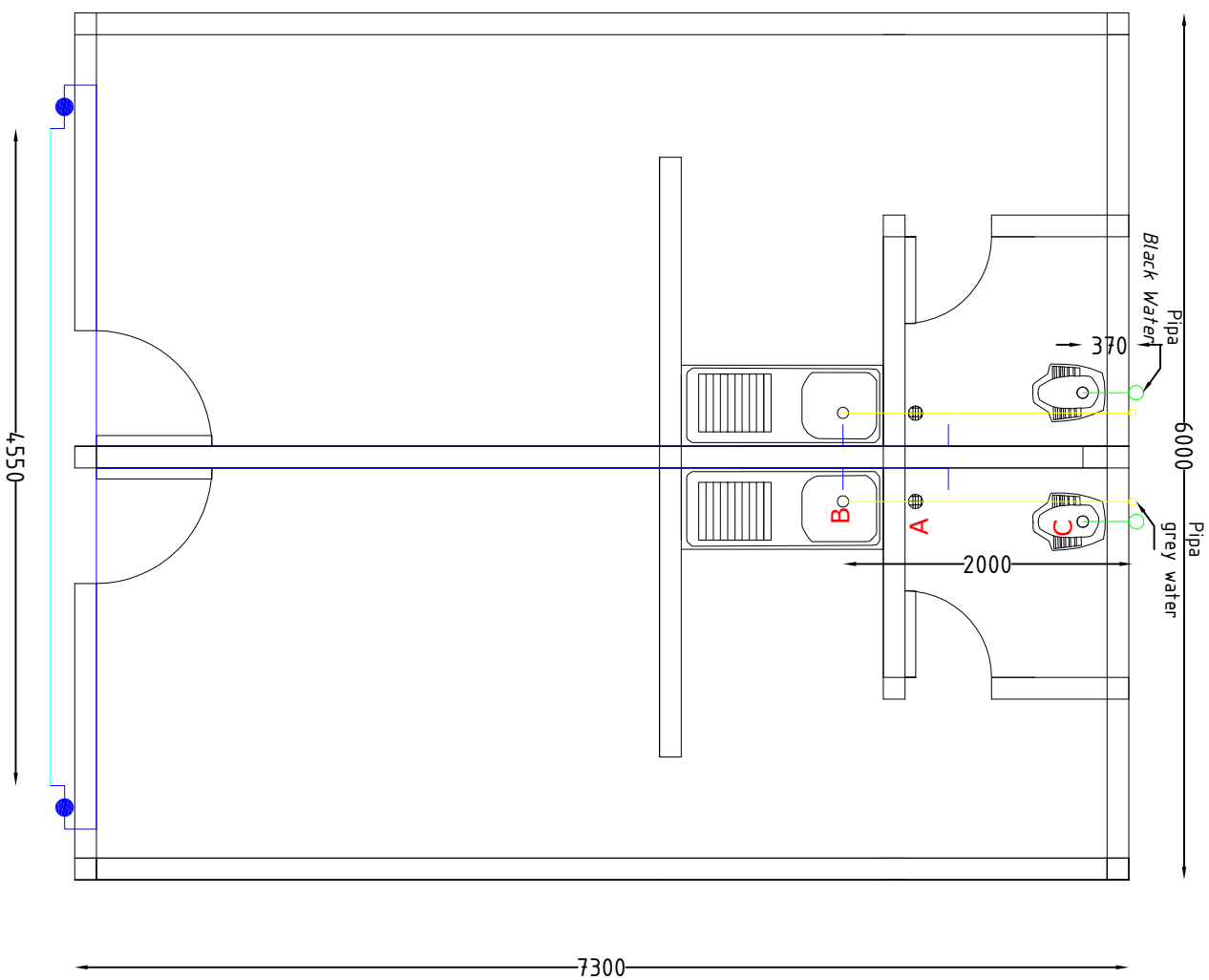
JUDUL GAMBAR

Denah Air Limbah Lantai 2 Tanah
Merah 1

SKALA HALAMAN


1 : 250 154






LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = TANAH

 = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
 DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
 RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
 3313100052

DOSEN PEMBIMBING

DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

Denah Air Limbah Lantai 2 Tanah
 Merah 1

SKALA HALAMAN

1 : 50 155



LEGENDA

— = PIPA GREY WATER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

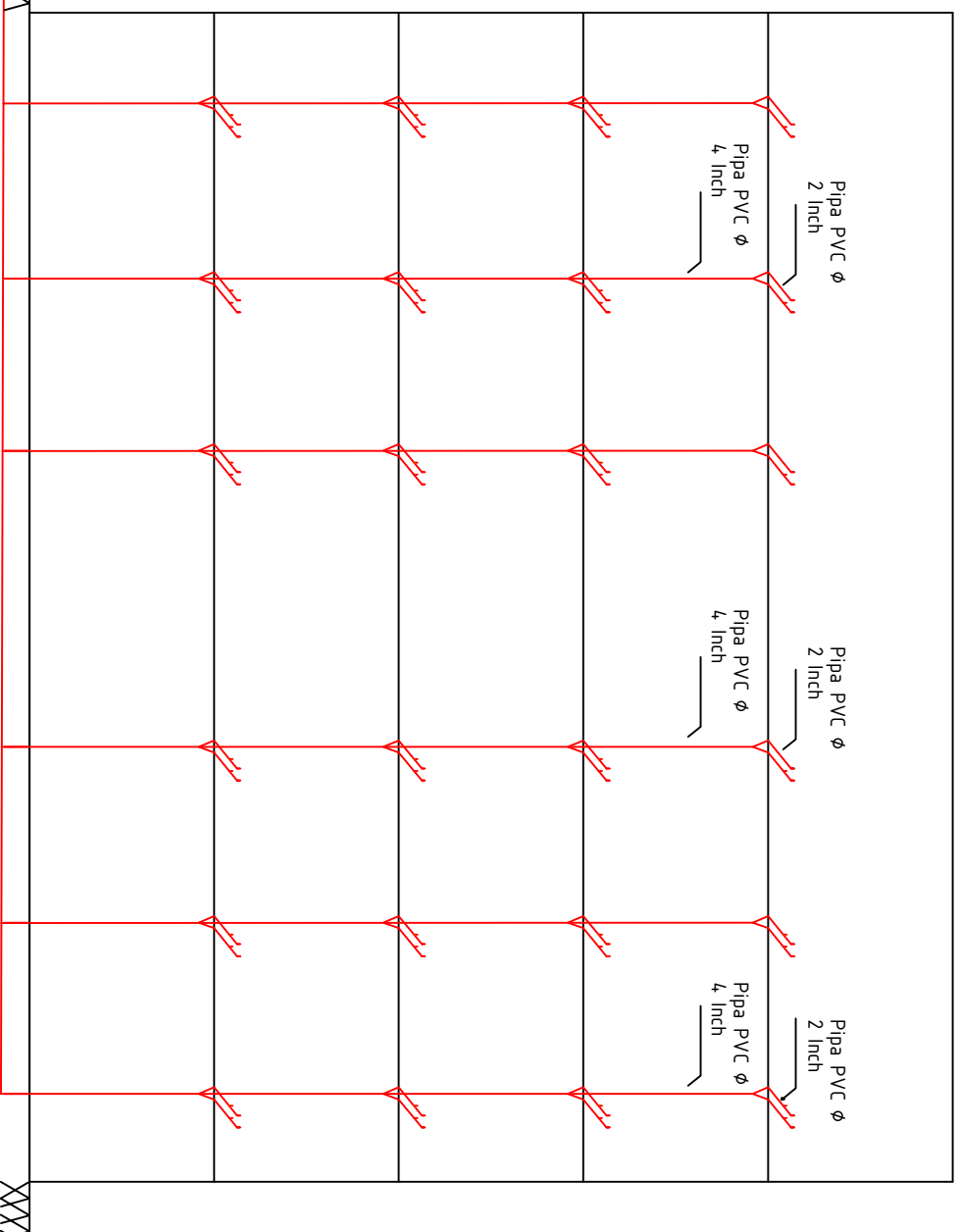
JUDUL GAMBAR

ISOMETRI PIPA GREY WATER

SKALA HALAMAN

- 156

IPAL





LEGENDA

- = PIPA VEN
- = PIPA BLACK WATER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

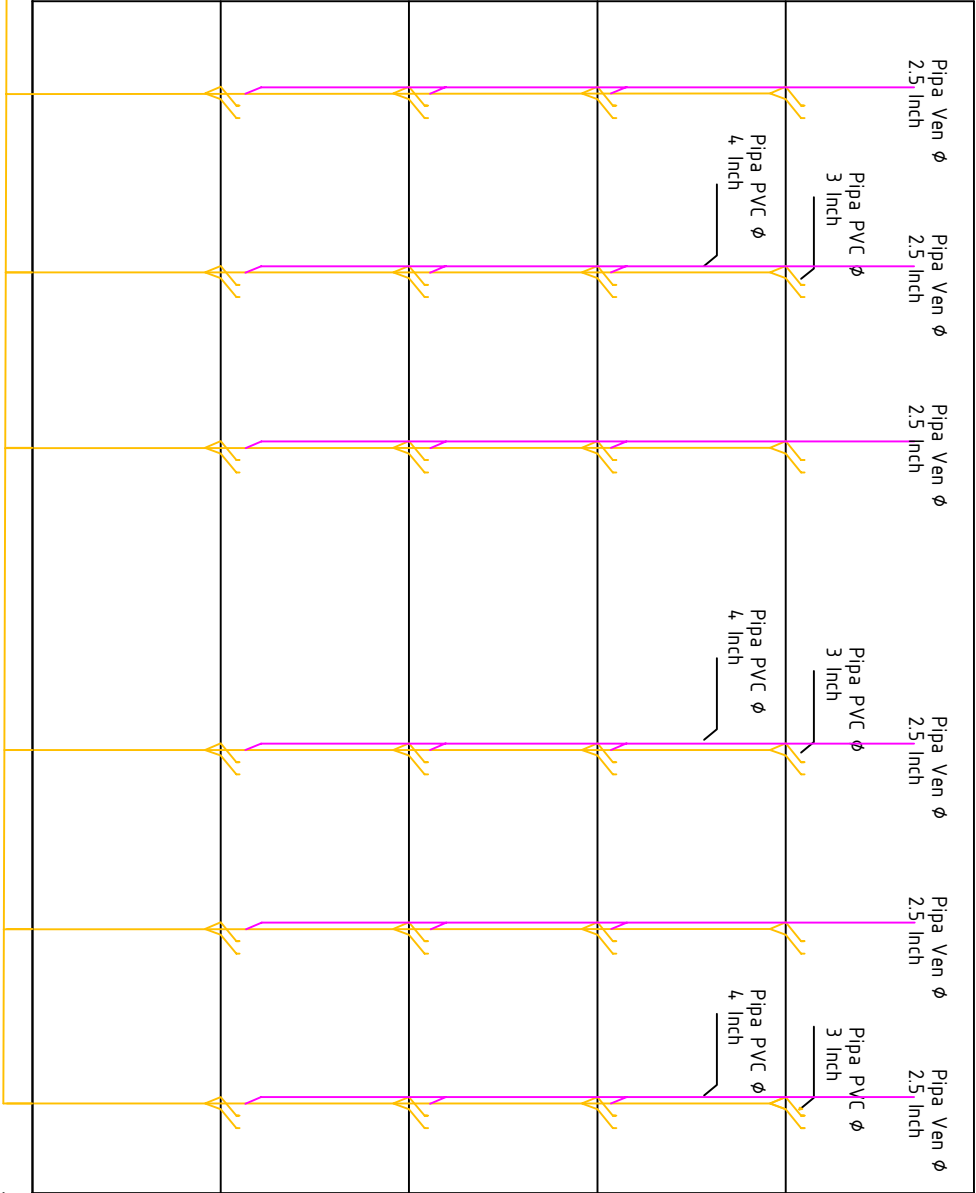
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

ISOMETRI PIPA BLACK WATER
DAN VEN

SKALA HALAMAN

- 157



IPAL



LEGENDA

- = PIPA PRIMER (rencana)
- = PIPA SEKUNDER (rencana)
- = Saluran air limbah eksisting

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

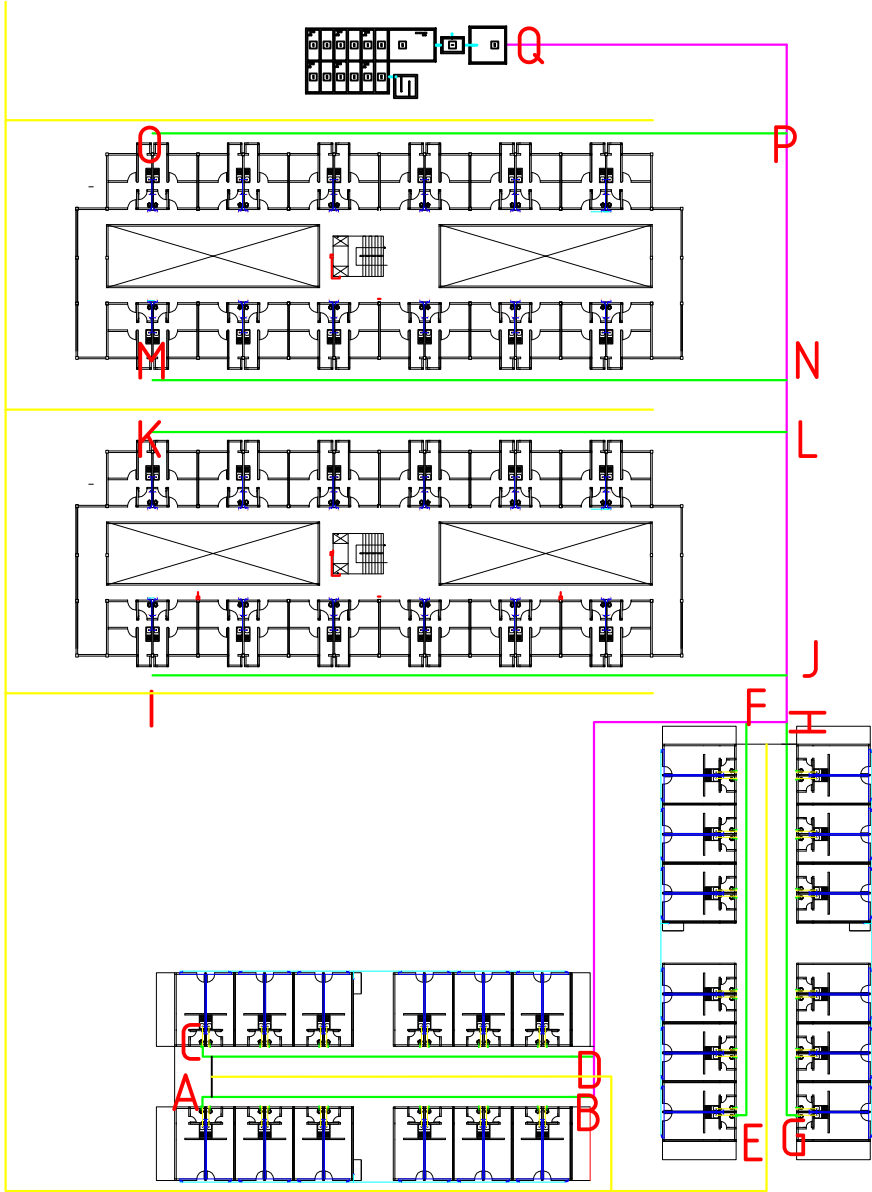
LAYOUT SISTEM PENYALURAN
AIR LIMBAH

SKALA

HALAMAN

1 : 750


158






LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = TANAH

 = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

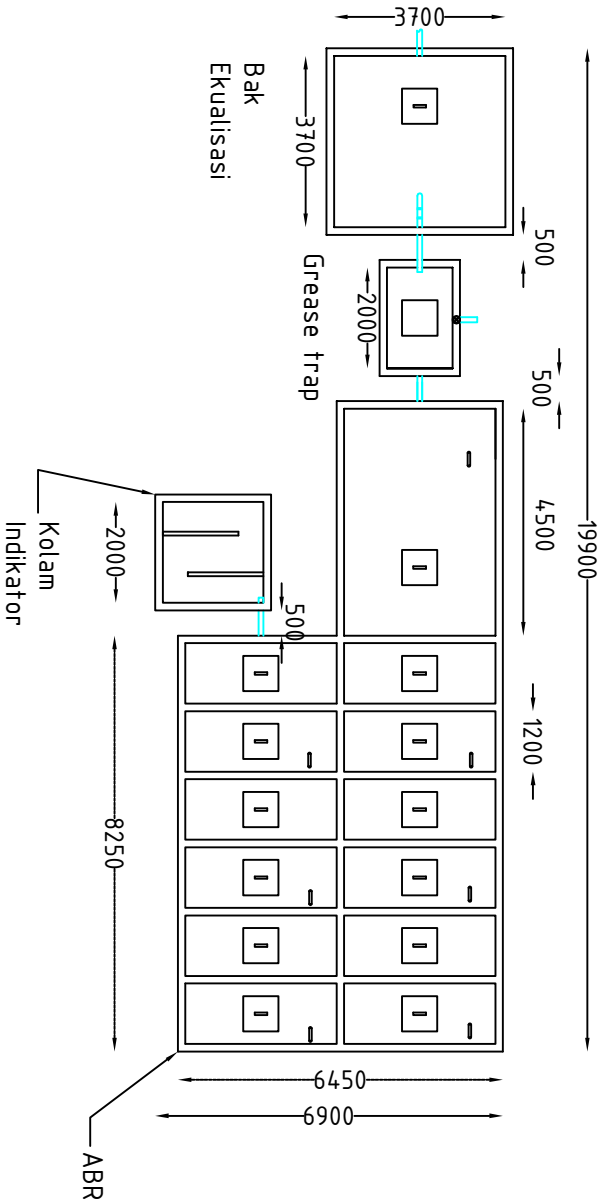
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

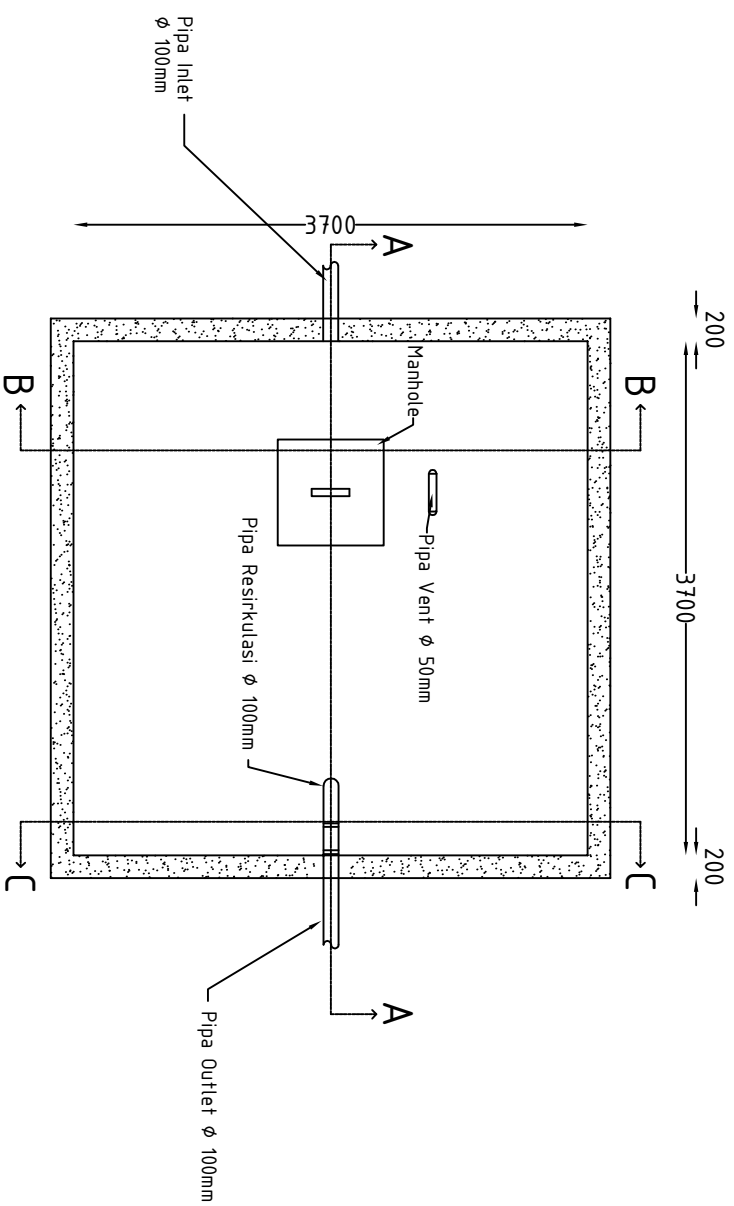
JUDUL GAMBAR

Layout IPAL

SKALA HALAMAN

1 : 150 159





LEGENDA



JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIN
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

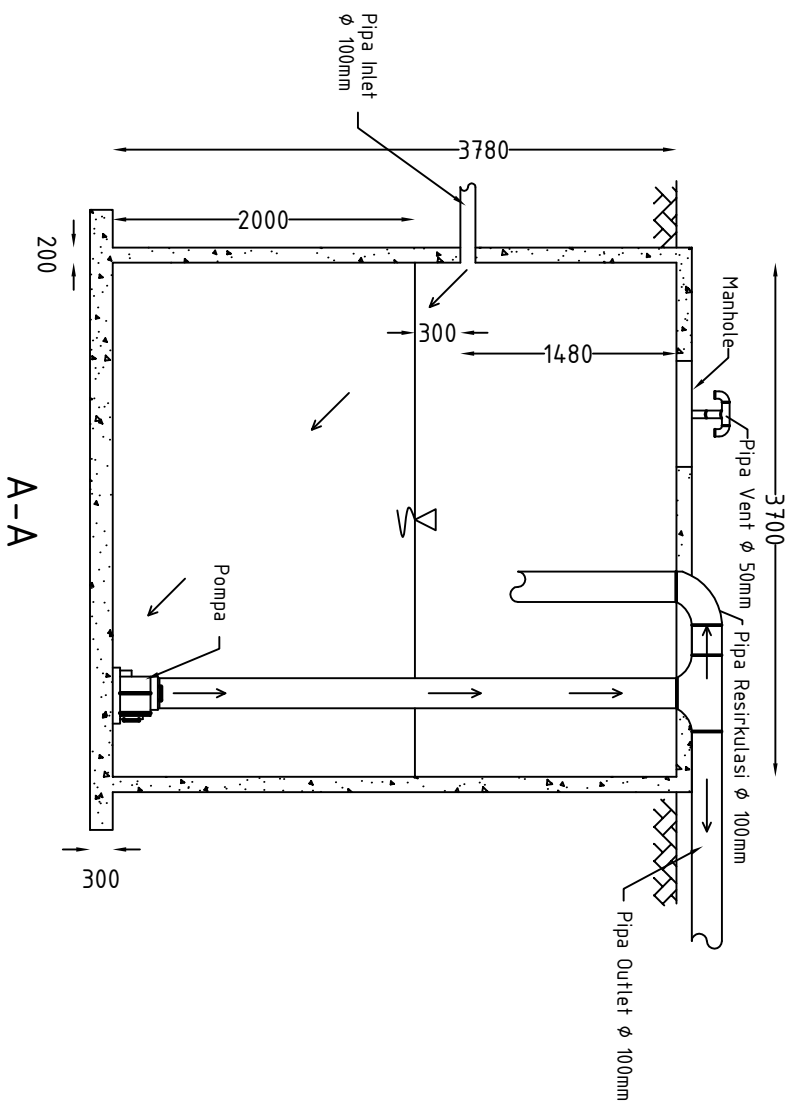
DOSEN PEMBIMBING

DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

DENAH BAK EKUALISASI

SKALA	HALAMAN
1 : 50	160



LEGENDA



= TEMBOK BETON



= TANAH



= MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

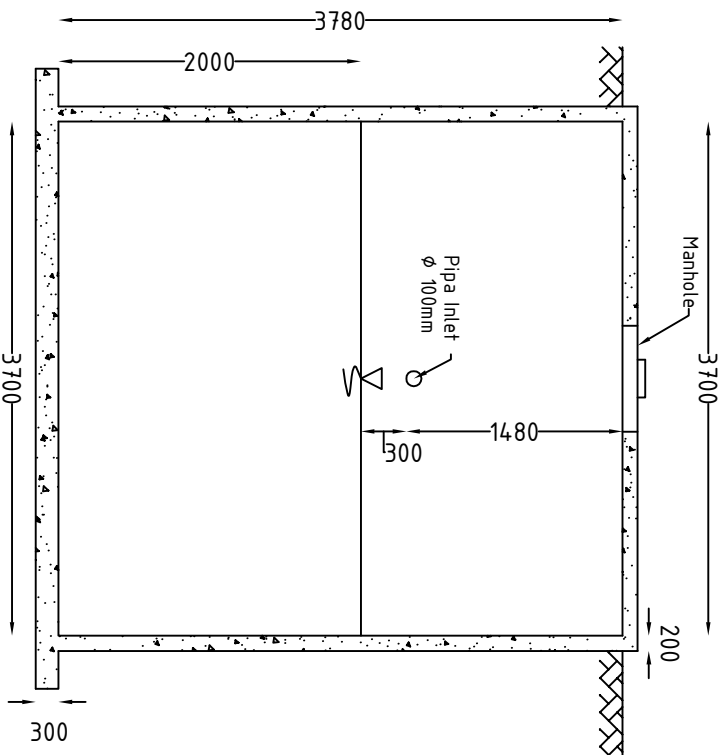
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A
BAK EKUALISASI

SKALA HALAMAN

1 : 50 161




B-B



LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = TANAH

 = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

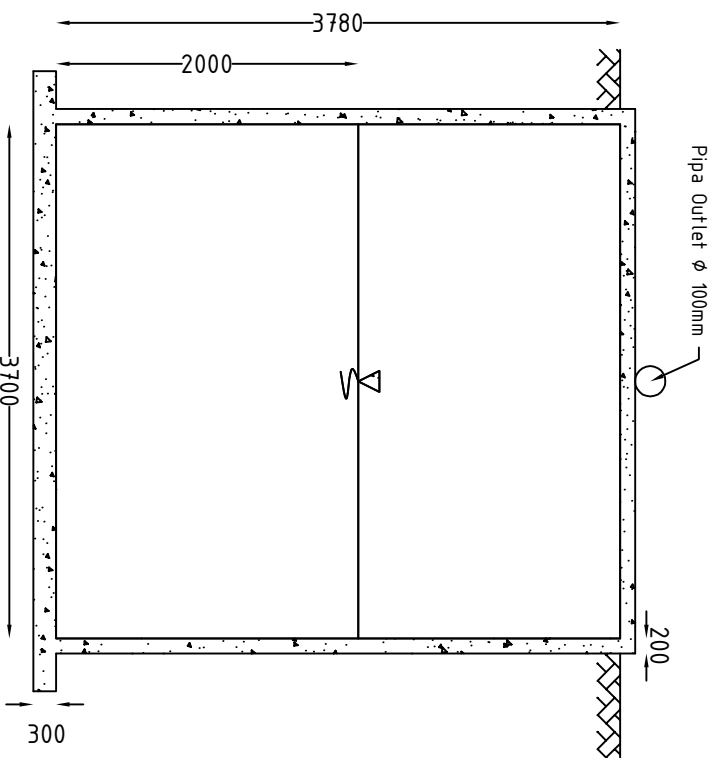
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

POTONGAN B-B
BAK EKUALISASI

SKALA HALAMAN

1 : 50 162



LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = TANAH

 = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

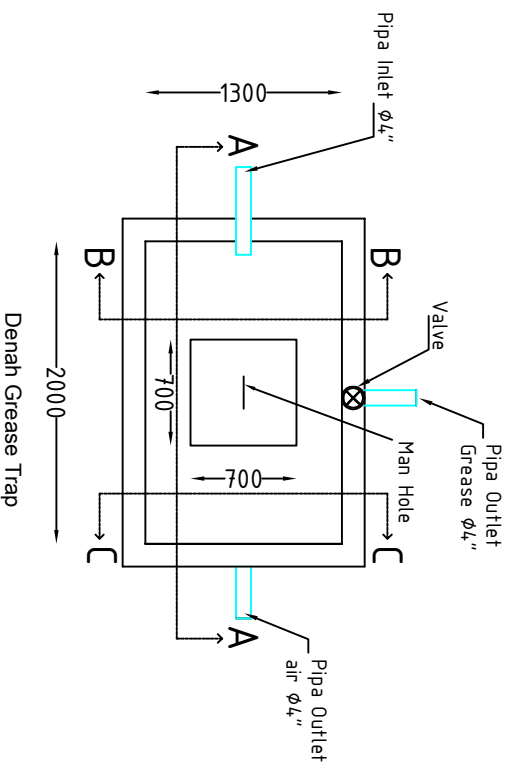
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

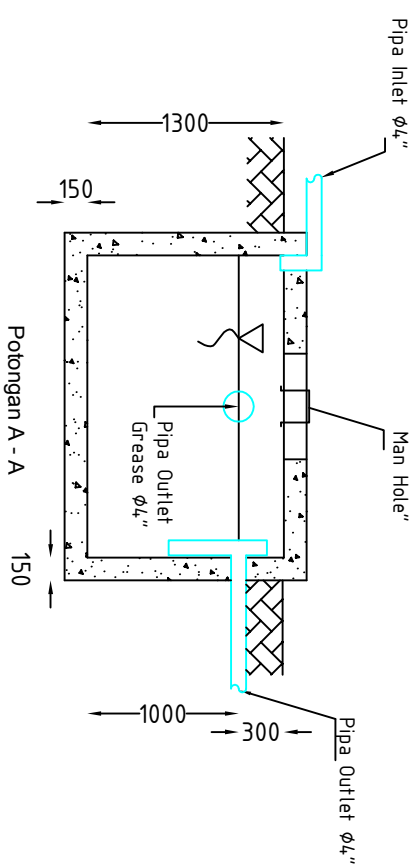
POTONGAN C-C
BAK EKUALISASI

SKALA HALAMAN

1 : 50 163



Denah Grease Trap



Potongan A - A



LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = TANAH

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR



DENAH GREASE TRAP
DAN POTONGAN A-A

SKALA HALAMAN

1 : 50 164



LEGENDA

-  = TEMBOK BETON
-  = TANAH

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

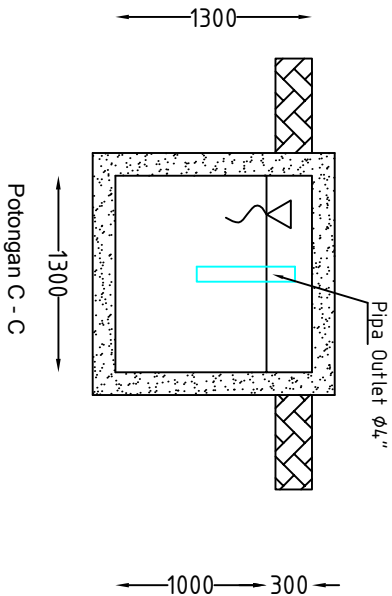
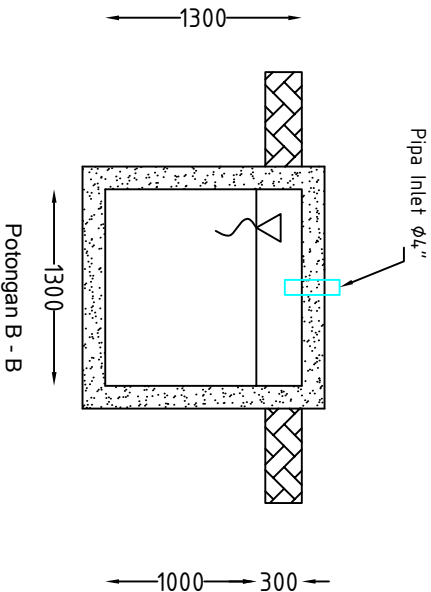
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

GREASE TRAP
POTONGAN B-B, C-C

SKALA HALAMAN

1 : 50 165





LEGENDA

 = TEMBOK BETON

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

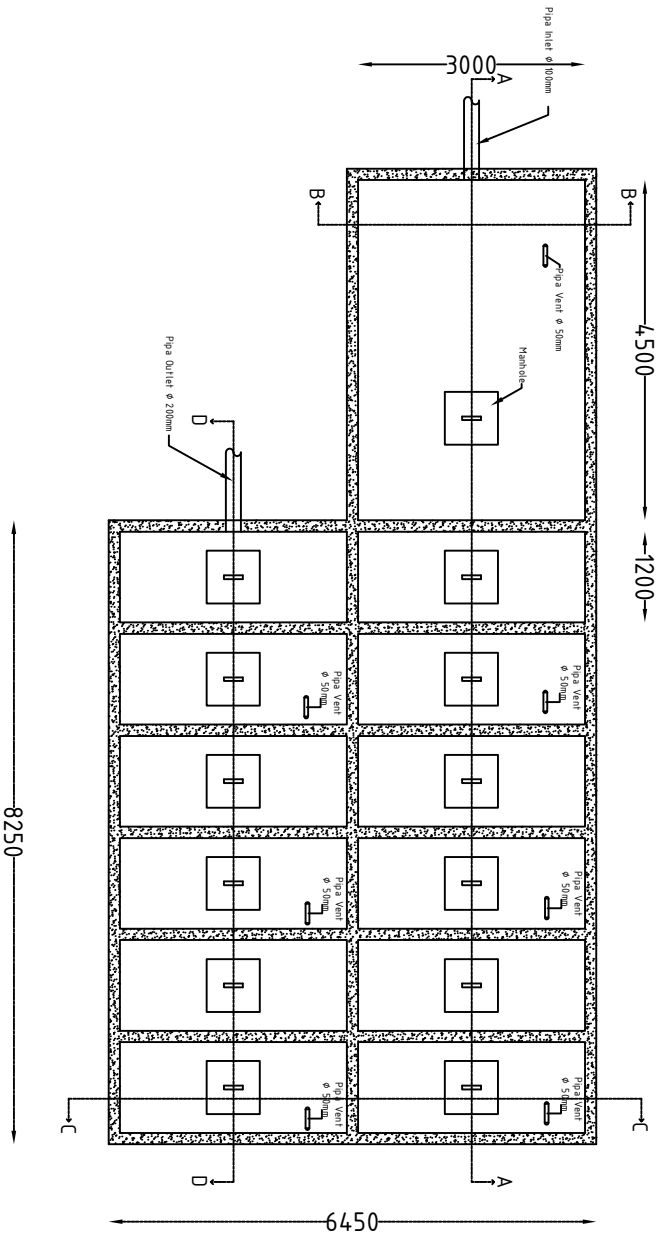
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

DENAH ANAEROBIC
BAFFLED REACTOR
DENGAN TUTUP





SKALA HALAMAN

1 : 100 166





LEGENDA

-  = TEMBOK BETON
-  = TANAH
-  = LUMPUR
-  = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

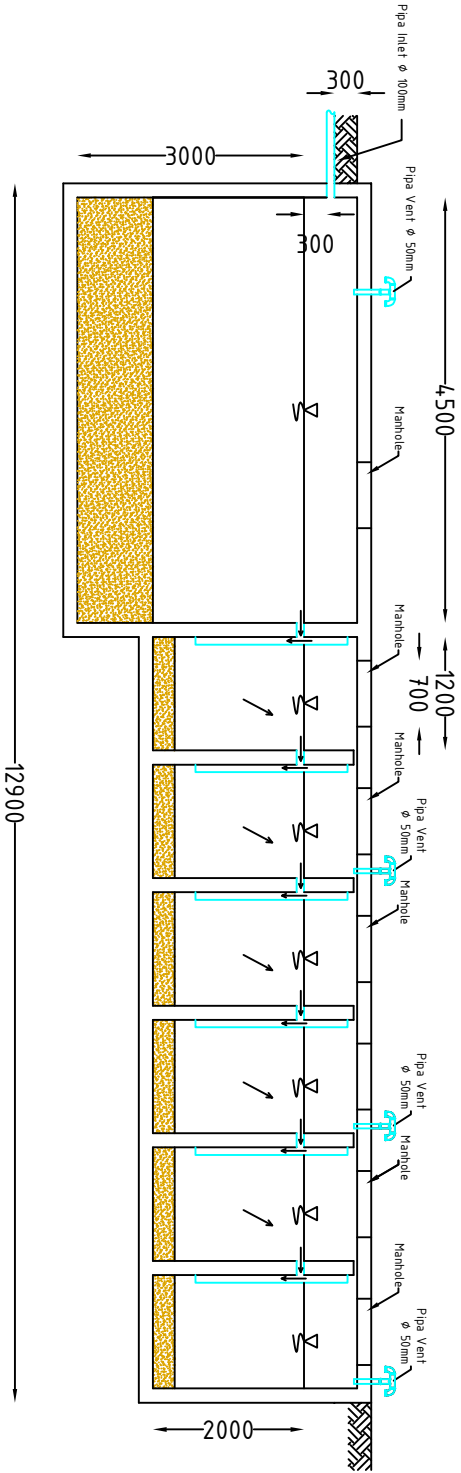
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A
ANAEROBIC
BAFFLED REACTOR





SKALA HALAMAN

1 : 100 167





LEGENDA

-  = TEMBOK BETON
-  = TANAH
-  = LUMPUR
-  = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

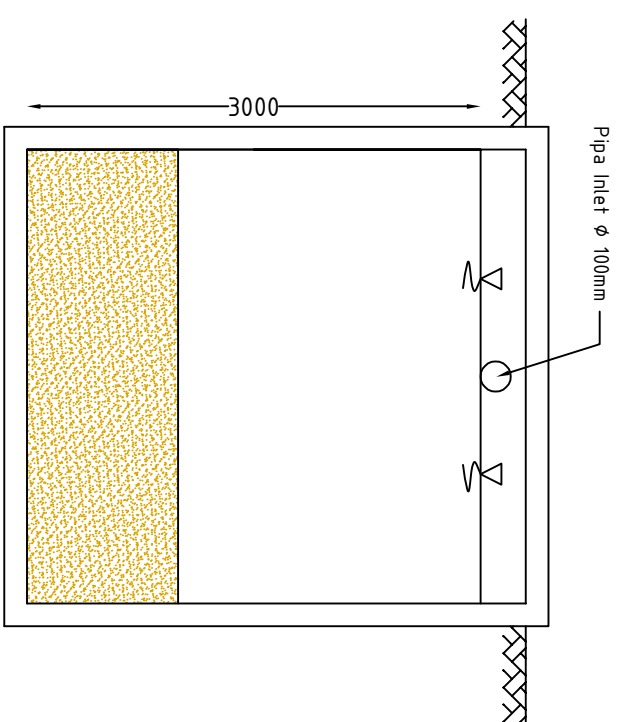
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

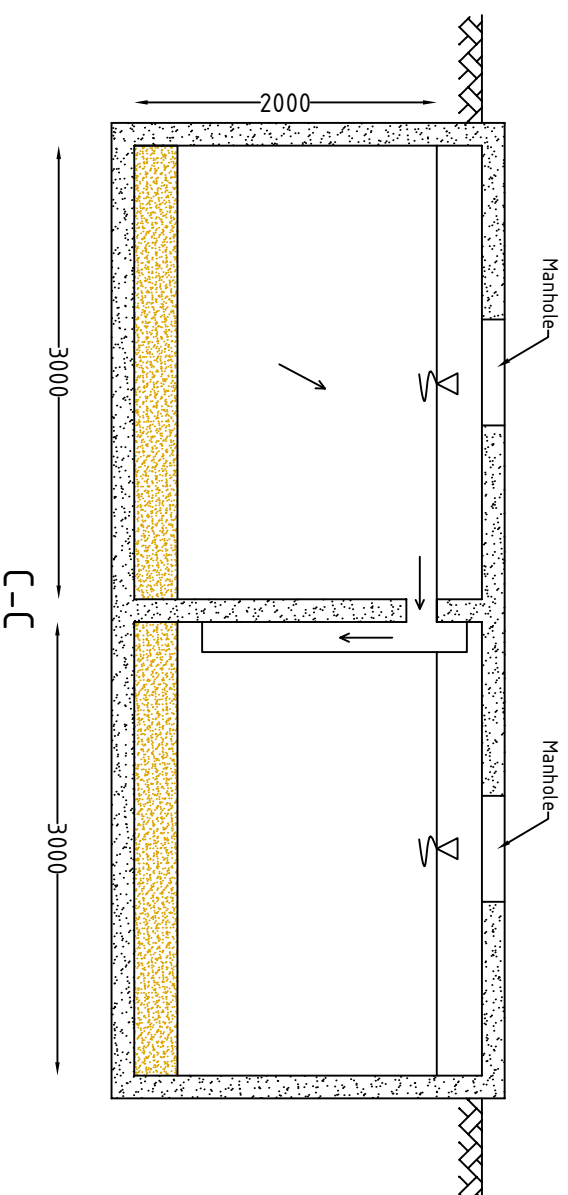
POTONGAN B-B DAN C-C
ANAEROBIC
BAFFLED REACTOR

SKALA HALAMAN

1 : 50 168







B-B
3000



C-C



LEGENDA

-  = TEMBOK BETON
-  = TANAH
-  = LUMPUR
-  = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

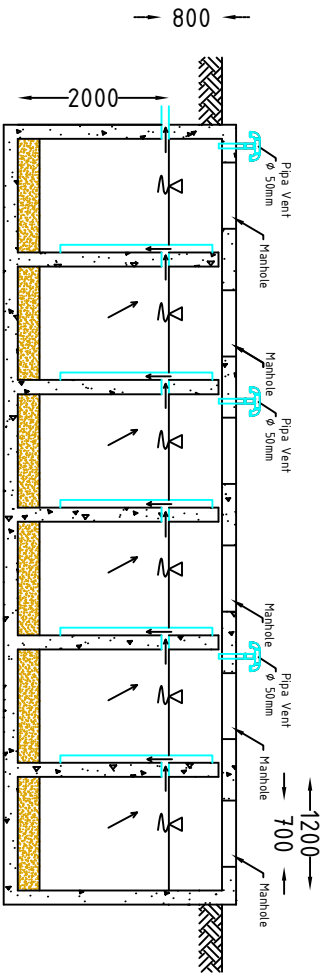
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

POTONGAN D-D
ANAEROBIC
BAFFLED REACTOR

SKALA HALAMAN

1 : 100 169





LEGENDA

 = TEMBOK BETON

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

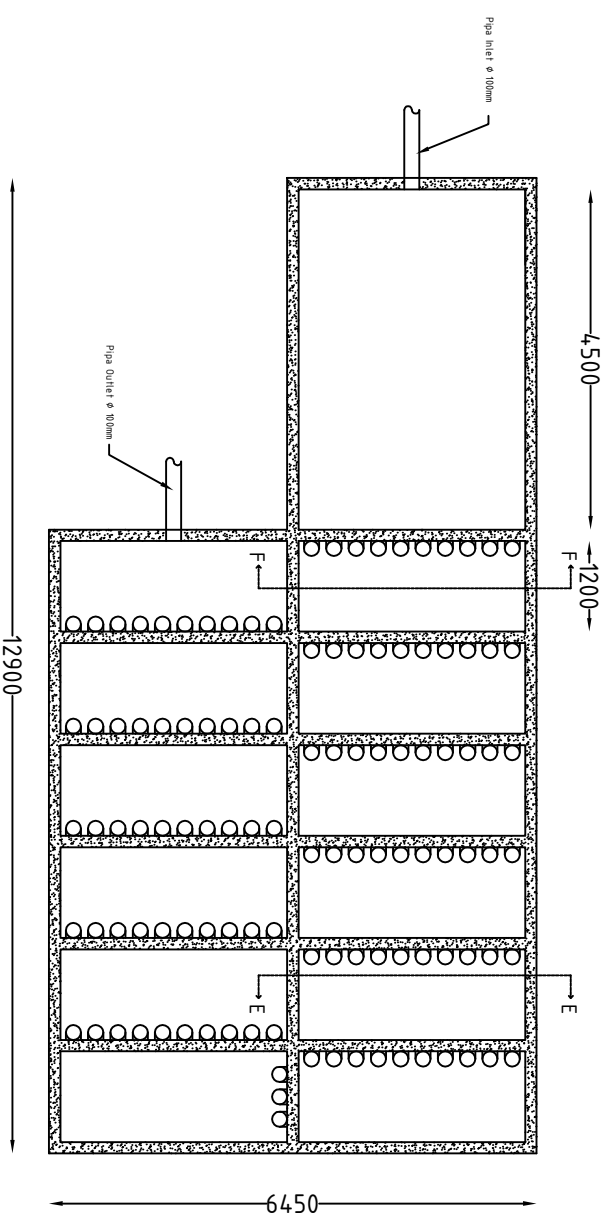
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

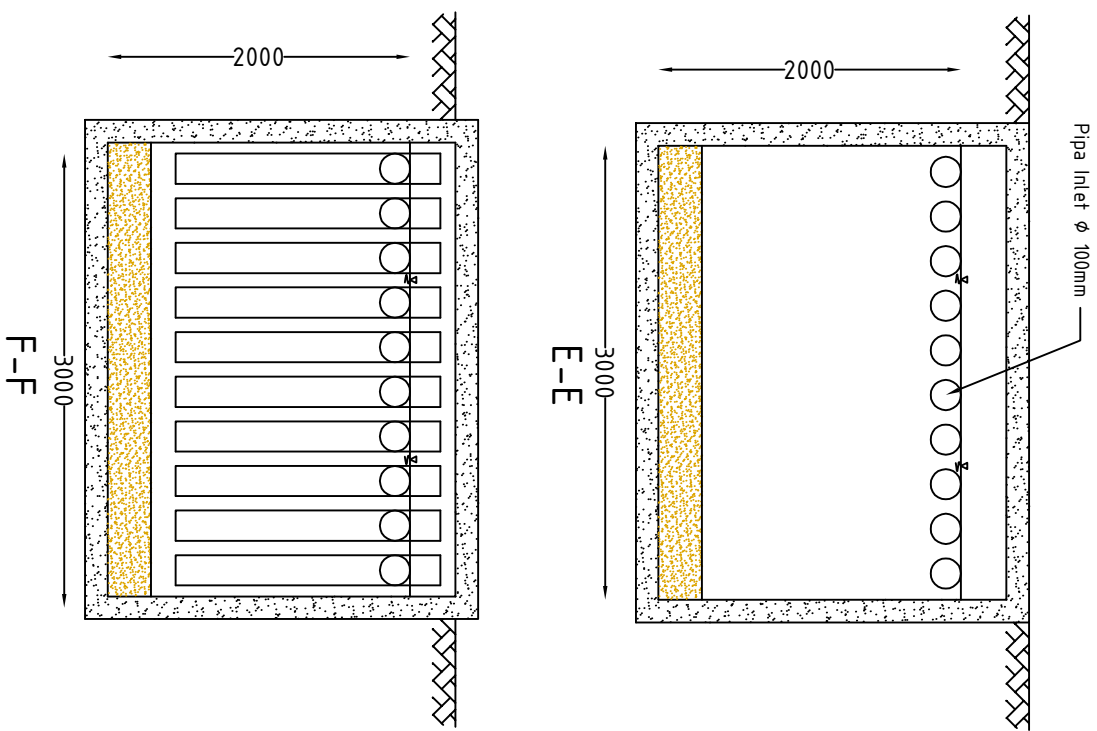
JUDUL GAMBAR

DENAH ANAEROBIC
BAFFLED REACTOR
TANPA TUTUP





SKALA HALAMAN

1 : 100 170





LEGENDA

-  = TEMBOK BETON
-  = TANAH
-  = LUMPUR
-  = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBEING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

POTONGAN E-E DAN F-F
ANAEROBIC
BAFFLED REACTOR

SKALA HALAMAN

1 : 50 171

LAMPIRAN C (SISTEM *FIRE HYDRANT*)



LEGENDA

- = PIPA
- └ = FIRE HYDRANT

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

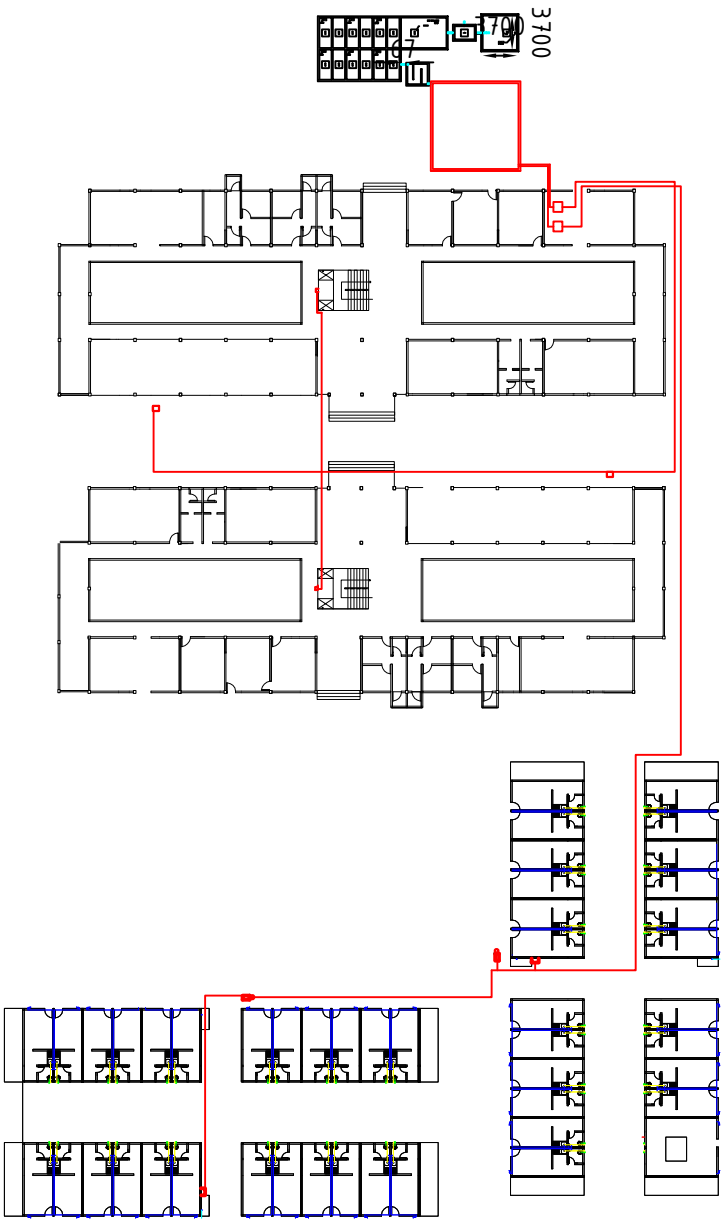
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

LAYOUT SISTEM FIRE HYDRANT

SKALA HALAMAN


1 : 750 174





LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = TANAH

 = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

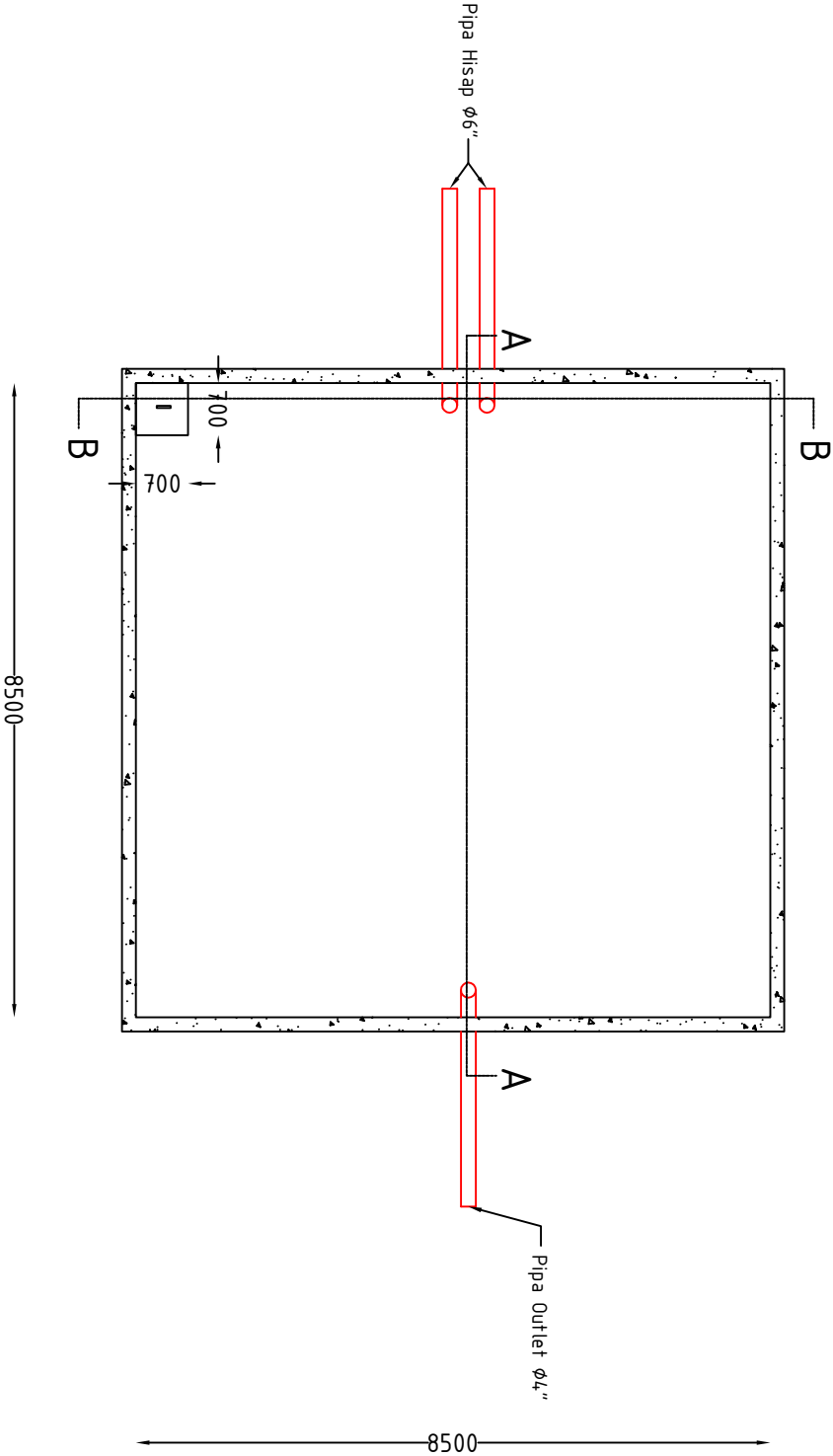
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

Denah Reservoir Fire Hydrant

SKALA HALAMAN


1 : 50 175






LEGENDA

 = TEMBOK BETON

 = TANAH

 = MUKA AIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG SISTEM PLAMBIING
DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
RUMAH SUSUN TANAH MERAH KOTA SURABAYA

NAMA/NRP

SEPTIAN SETYO PRAKOSO
3313100052

DOSEN PEMBIMBING

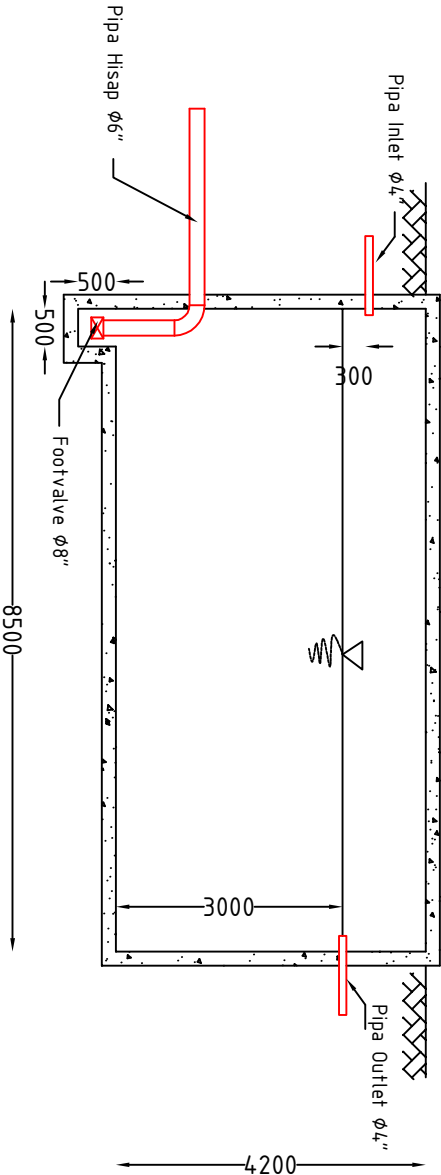
DR. Ir. MOHAMMAD RAZIF, M.M.

JUDUL GAMBAR

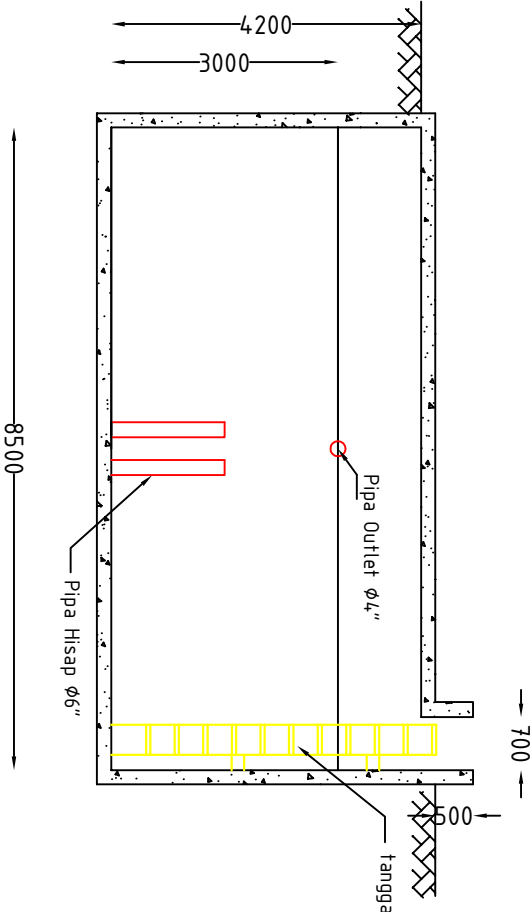
Potongan Reservoir Fire Hydrant

SKALA HALAMAN

1 : 50 176



A - A



B - B

LAMPIRAN D (KUISIONER PENGHUNI RUMAH SUSUN)

Lampiran A Pertanyaan Kuisioner untuk Penghuni Rusun

LAMPIRAN A

Nama Responden

: Ibu Samiyati

Blok/Lantai

: B/2

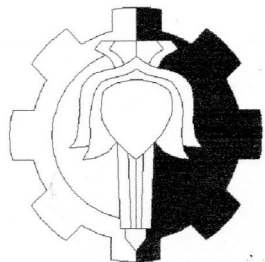
No Hp : 085693286540

1. Apakah ketersediaan air sudah mencukupi kebutuhan sehari hari ?
a. Sangat cukup (b) cukup c. Kurang d. Sangat Kurang
2. Apakah kebutuhan air tersedia secara kontinu 24 jam ?
a. Sangat cukup b. Sangat cukup c. Kurang d. Sangat Kurang
3. Apakah anda puas dengan kualitas air di rumah susun (rasa, bau, warna) ?
a. Sangat cukup (b) cukup c. Kurang d. Sangat Kurang
4. Apakah anda puas dengan sistem pembuangan air limbah yang ada di rumah susun ?
a. Sangat cukup (b) cukup c. Kurang d. Sangat Kurang
5. Pemakaian air untuk aktifitas memasak (proses memasak dan mencuci peralatan)
a. Sangat cukup (b) cukup c. Kurang d. Sangat Kurang
6. Jam aktifitas memasak (boleh dipilih lebih dari satu)
a. 5 lt - 10 lt b. 11 lt - 15 lt (c) 16 lt - 20 lt d. 21 lt - 25 lt
7. Pemakaian air untuk aktifitas mandi
a. 5 lt - 10 lt (b) 11 lt - 20 lt c. 21 lt - 30 lt d. 31 lt - 40 lt
8. Jam aktifitas mandi (boleh dipilih lebih dari satu)
a. 05.00 - 06.00 (a) 06.00 - 07.00 b. 07.00 - 08.00 c. 08.00 - 09.00 d. 09.00 - 10.00 e. 10.00 - 11.00 f. 11.00 - 12.00 g. 12.00 - 13.00 h. 13.00 - 14.00 i. 14.00 - 15.00 j. 15.00 - 16.00 k. 16.00 - 17.00 l. 17.00 - 18.00 m. 18.00 - 19.00 n. 19.00 - 20.00 o. 20.00 - 21.00 p. 21.00 - 22.00 q. 22.00 - 23.00 r. 23.00 - 00.00 s. 00.00 - 01.00 t. 01.00 - 02.00 u. 02.00 - 03.00 v. 03.00 - 04.00 w. 04.00 - 05.00 x. 05.00 - 06.00 y. 06.00 - 07.00 z. 07.00 - 08.00
9. Pemakaian air untuk aktifitas mencuci pakaian
a. 10 lt - 20 lt b. 20 lt - 40 lt (c) 40 lt - 60 lt d. 60 lt - 80 lt
10. Frekuensi aktifitas mencuci pakaian dilakukan dalam satu minggu
a. 1 b. 2 (c) 3 d. setiap hari
11. Jam aktifitas mencuci pakaian (boleh dipilih lebih dari satu)
a. 05.00 - 06.00 (b) 06.00 - 07.00 b. 07.00 - 08.00 c. 08.00 - 09.00 d. 09.00 - 10.00 e. 10.00 - 11.00 f. 11.00 - 12.00 g. 12.00 - 13.00 h. 13.00 - 14.00 i. 14.00 - 15.00 j. 15.00 - 16.00 k. 16.00 - 17.00 l. 17.00 - 18.00 m. 18.00 - 19.00 n. 19.00 - 20.00 o. 20.00 - 21.00 p. 21.00 - 22.00 q. 22.00 - 23.00 r. 23.00 - 00.00 s. 00.00 - 01.00 t. 01.00 - 02.00 u. 02.00 - 03.00 v. 03.00 - 04.00 w. 04.00 - 05.00 x. 05.00 - 06.00 y. 06.00 - 07.00 z. 07.00 - 08.00
12. Pemakaian air untuk aktifitas lain (wudhu, menyiram tanaman)
a. 5 lt - 10 lt b. 11 lt - 15 lt c. 16 lt - 20 lt (d) 21 lt - 25 lt
13. Pemakaian air untuk aktifitas Buang Air Besar dan Buang Air Kecil
a. 1 lt - 5 lt b. 6 lt - 10 lt c. 11 lt - 15 lt (d) 16 lt - 20 lt
14. Pemakaian air untuk konsumsi
a. 1 lt - 5 lt b. 6 lt - 10 lt c. 11 lt - 15 lt (d) 16 lt - 20 lt

(a) Galon

b. PDAM

LAMPIRAN E (HASIL ANALISA LABORATORIUM)



DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdr. Septian Setyo
Dikirim Tanggal : 14 September 2017
Sampel Dari : Air Limbah Domestik di Tanah Merah
No. Laboratorium : 100-0918/09/A/KL/2017

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah Domestik*)	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6 - 9	7,20	pHmeter
2	TSS	Mg/L	50	140,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O ₂	50	182,00	Reflux/Tetrimetri
4	BOD	mg/L O ₂	30	105,00	Winkler
5	Minyak & Lemak	mg/L	10	16,00	Gravimetri

Surabaya, 25 September 2017

Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSP ITS

[Signature]

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.
NIP. 195501281985032001

Catatan :
(*)SK. Gub. Jatim No. 72 Tahun 2013
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air
yang diterima laboratorium kami



ITS

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Setian Saryo Pradiso
NRP : 03211340000052
Judul Tugas Akhir : Perancangan Ujung Sistem Pembiang dan Instalasi Pengalihan Air Limbah

Kada Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	23 Januari 17	Proposal	
2	24 Agustus 17	- Asistensi Hasil server - Pengalihan data	
3	3 Oktober 17	- Asistensi Sistem Pembiang air bersih	
4	23 Oktober 17	- Sistem Pembiang Air Bersih - Sistem Fire Hydrant	
5	26 Oktober 17	- PAK (perhitungan)	
6	20 November	- PAK (gambar)	
7	7 Desember	- Revisi Sistem Pembiang air Bersih	
8	21 Desember	Bos dan PAB	

Surabaya, 21 Desember 2017
Dosen Pembimbing



PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FTSP-ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)

Periode: Ganjil 2017/2018

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal 10 Jan-18

Nilai TOEFL 477

Lokasi TI 104
Pukul : 13.00

Judul Perancangan Ulang Sistem Plambing dan Instalasi Pengolahan Air limbah Pada Rumah Susun Tanah Merah Kota Surabaya

Nama :
NRP. 321134000052
Topik Perancangan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1	gambar di bawah, dirumputkan pada file member dikon di dalam bentuk file maglinden beta cora .
2.	gambar dan lampiran diberikan kemudian menurut dan daftar prekara
3	gambar yang existing dan yang direncanakan akan keperluan untuk menambahkan dalam layout layout
4	penjelasan given existing ditinjau dengan foto .
5	Pengolahan isometric dibuat skema / layout keperluan untuk gambar
6	Penggambaran dengan grafik gambar

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretaris Program Sarjana

Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

(1) Lulus Ujian Tugas Akhir

2. harus mengikuti Ujian Tugas Akhir semester berikutnya

3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

(Dr.Ir. Mohammad Razif., M.M.)

(Signature)

FORM FTA-05

FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Septian Setyo P
NRP : 0321134 000052
Judul Tugas Akhir :

No	Saran Perbaikan (sesuai Form KTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1	Gambar dikoreksi	Sudah diperbaiki
2	Gambar lampiran di bagi halaman	
3	Gambar eksisting dan perencanaan baru	
4	Foto eksisting	
5	Isometri	
6	Grafik pompa	

Dosen Pembimbing,
Dr. Ir. Mohammad Rizki, M.M.
Mahasiswa Ybs.,
Septian Setyo P

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Septian Setyo Prakoso dilahirkan di Purworejo tanggal 21 September 1995. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2001-2007 di PLAOSAN. Kemudian dilanjutkan di SMPN 2 Purworejo pada tahun 2007-2010, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 1 Purwoejo dari tahun 2010-2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS, Surabaya pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 0321114000052.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan HMTL maupun BEM ITS. Penulis juga aktif sebagai pengurus organisasi di HMTL dan sebagai staf kominfo KPPL (Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan). Prestasi yang pernah diraih penulis salah satunya adalah menjuarai kontes rc boat ebagai best desain dalam acara nasdarc 2017 . Berbagai pelatihan dan seminar juga telah diikuti dalam rangka pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email prakosobul@gmail.com.